

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Кафедра электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электропривод барабанных ножниц

УДК 62-83-52:621.771.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Косяков Артем Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гнеушев Виталий Викторович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	Кандидат экономических наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дементьев Юрий Николаевич	Кандидат технических наук, доцент		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения
 Направление подготовки – Электроэнергетика и электротехника
 Кафедра электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Ю.Н. Дементьев
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Косякову Артему Евгеньевичу

Тема работы:

Электропривод барабанных ножниц	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1655/с от 09.03.2017г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики, техническая литература, техническая документации
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение; описание технологического процесса; обоснование и выбор системы электропривода; выбор элементов и расчет параметров силового канала регулируемого электропривода; синтез и анализ линеаризованной системы автоматического управления регулируемого электропривода; синтез и анализ нелинейной САУ РЭП; расчет статических и динамических характеристик, принципиальная электрическая схема, защита и сигнализация социальная

	ответственность проекта; финансовый менеджмент; заключение.
Перечень графического материала	<ul style="list-style-type: none"> - схема кинематическая; - схема электрическая функциональная; - схема электрическая структурная; - демонстрационный лист; - технико-экономические показатели;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко Аркадий Альбертович
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.03.2017г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гнеушев Виталий Викторович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Косяков Артем Евгеньевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает в себя 119 листа печатного текста, 27 рисунков, 28 таблиц и 1 приложение

В квалификационной работе произведена модернизация электропривода барабанных ножниц 150 тонн, непрерывно-заготовочного стана (НЗС) обжимного цеха ОАО "ЕВРАЗ ЗСМК". Выполненная квалификационная работа состоит из четырех разделов: описание технологического процесса, выбор элементов и расчет параметров силового канала следящего электропривода, экономика, безопасность и экологичность проекта. В разделе описание технологического процесса описан технологический процесс участка НЗС, электропривод и механизм барабанных ножниц, приведена кинематическая схема, а также дано обоснование выбора рода тока. В разделе выбор элементов и расчет параметров силового канала следящего электропривода произведен выбор электрооборудования, расчет параметров и характеристик элементов силовой цепи. В соответствии с кинематической схемой и параметрами раската был выбран двигатель постоянного тока МП 2000-315 УХЛ4.

Был произведен выбор тиристорного преобразователя серии КТЭ 2500/930, выбран преобразователь цепи возбуждения типа КТЭ 100/230.

В выпускной квалификационной работе произведен расчет ЛАЧХ замкнутой и разомкнутой систем тока, скорости, положения, определена область существования характеристик, расчет статических электромеханических характеристик, расчет переходных процессов в нелинейной САУ.

В разделе экономики представлены технико-экономические показатели электропривода барабанных ножниц, смета затрат на приобретение и монтаж электрооборудования, смета на проведение монтажно-наладочных работ.

В разделе безопасность и экологичность проекта рассмотрены вопросы охраны труда и промышленной безопасности, проанализированы опасные и вредные факторы производства, произведен расчет искусственного освещения и заземления.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1. Техническая характеристика объекта автоматизации.....	10
1.1 Непрерывно-заточивочный стан 850/730/580.....	10
1.2 Описание технологического процесса.....	11
1.3 Технологическая характеристика механического оборудования....	12
1.4 Требования к электроприводу	16
1.5 Разработка технического задания.....	16
2. Выбор системы и элементов силового канала электропривода	18
2.1 Выбор электродвигателя	18
2.2 Выбор тиристорного преобразователя.....	21
2.3 Выбор силового трансформатора	22
2.4 Расчет и выбор сглаживающего реактора.....	24
2.5 Определение параметров якорной цепи	25
2.6 Область работы электропривода	26
2.7 Механическая система электропривода.....	30
2.8 Определение параметров цепи возбуждения.....	33
2.9 Силовой канал электропривода как объект управления.....	37
3. Система автоматического регулирования электропривода.....	43
3.1 Линеаризованная САУ электропривода барабанных ножниц.....	43
3.2 Оптимизация контура тока.....	44
3.3 Оптимизация контура ЭДС	46
3.4 Оптимизация контура положения	49
3.5 Оптимизация контура тока возбуждения.....	52
3.6 Статические электромеханические характеристики замкнутой САУ электропривода барабанных ножниц.....	54
3.7 Настройка привода на имитационной модели	58
3.8 Анализ нелинейной САУ электропривода барабанных ножниц	59
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»	67

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	68
4.1 График планово – предупредительных ремонтов	69
4.2 Структура монтажно – наладочных работ.....	70
4.3 Определение затрат на приобретение и монтаж электрооборудования	75
4.4 Определение стоимости пуско – наладочных работ.....	76
4.5 Технико – экономические показатели	78
4.6 Ресурсоэффективность технического проекта.....	79
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».....	82
5. Социальная ответственность.....	84
5.1 Анализ условий труда	82
5.2 Общие правила охраны труда на производстве	85
5.3 Класс помещений по электрической опасности.....	86
5.4 Техника безопасности при обслуживании и ремонте электрооборудования	89
5.5 Производственная санитария	91
5.6 Пожарная безопасность.....	98
5.7 Охрана окружающей среды.....	102
5.8 Мероприятия по ликвидации чрезвычайных ситуаций в обжимном цехе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК».....	104
Заключение	106
Список использованной литературы	108
ПРИЛОЖЕНИЕ А	110

ВВЕДЕНИЕ

Западно-Сибирский металлургический комбинат проектировался как передовое, высокотехнологичное предприятие с высокопроизводительными производственными агрегатами и с полным металлургическим циклом.

В ноябре 1992 года комбинат был преобразован в акционерное общество открытого типа.

По объёму производства и в сравнении с аналогичными предприятиями России ОАО “ЗСМК” занимает четвёртое место после таких комбинатов как Новолипецкий, Череповецкий и Магнитогорский.

ОАО “ЗСМК” включает в себя следующие технологические подразделения:

- коксохимическое производство;
- аглоизвестковое производство;
- доменное производство;
- сталеплавильное производство;
- прокатное производство;
- метизное производство.

Современное металлургическое производство является крупным потребителем электрической энергии. Энергетическую основу металлургической промышленности составляет электрический привод, технический уровень развития которого определяет эффективность работы технологического оборудования цехов и производств.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в теории и практике электропривода переменного тока, массовым промышленным регулируемым электроприводом продолжает оставаться электропривод постоянного тока.

Регулируемый электропривод постоянного тока представляет собой сложную электромеханическую систему, обеспечивающую регулирование скорости в заданном диапазоне с требуемой точностью и быстродействием и в общем случае является системой двух взаимодействующих каналов – силового

(энергетического), состоящего из участка электрической сети, электрического, электромеханического и механического преобразователей и информационного канала.

Автоматизация технологических процессов, повышая эффективность производства, увеличивает производительность оборудования, снижает эксплуатационные расходы, создаёт экономию электроэнергии, сырья, тем самым обеспечивая экологическую чистоту и улучшение качества всего производства.

Современный автоматизированный электропривод – это высоконадёжная и экономичная электромеханическая система, способная полностью обеспечить автоматизацию любого технологического процесса, достигнуть высокого быстродействия и точности при своей работе, улучшить условия труда обслуживающего персонала.

Основными направлениями развития являются повышение экономичности и надёжности работы. Однако решающим фактором в оценке электропривода является его влияние на производительность рабочей машины и себестоимость продукции. Это достигается путём усовершенствования электродвигателей преобразователей, аналоговых и цифровых средств управления, коммутационной аппаратуры и элементов защиты.

Применение тиристорного преобразователя позволяет повысить быстродействие, увеличить надёжность, долговечность привода и как следствие повысить производительность труда и качество продукции.

Тиристорный электропривод позволяет уменьшить энергоёмкости работ, увеличить быстродействие за счёт сокращения времени переходных процессов и времени на настройку, повысить качество продукции – за счёт улучшения таких показателей, как плавность регулирования, повышение коэффициента использования оборудования.

Электропривод основных механизмов металлургических агрегатов, работающих с переменными скоростями оснащаются, как правило, электродвигателями постоянного тока. Питание электродвигателей

осуществляется от сети переменного тока через преобразователи энергии различного вида.

Электродвигатель и преобразователь представляет собой силовую часть электропривода, и являются объектом регулирования в системе автоматического управления.

Ножницы предназначены для работы в режиме непрерывного вращения со скоростью синхронной скорости движения раската. Мерная длина обрезаемой заготовки определяется поддержанием заданного соотношения скорости вращения ножниц и движения раската.

Целью выпускной квалификационной работы является анализ работы технологического процесса и модернизация электропривода барабанных ножниц непрерывно-заготовочного стана. Проект разработан на основании задания на дипломное проектирование и отчёта по преддипломной практике.

1.ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Непрерывно-заготовочный стан 850/730/580

Прокатный комплекс ОАО “ЕВРАЗ ЗСМК” состоит из обжимного цеха с отделением нагревательных колодцев, блюмингом “1250” и непрерывно – заготовочным станом и цеха сортового проката с четырьмя прокатными станами (мелкосортный “250 - 1”, и “250 - 2”, среднесортный “450” и проволочный “250 - 1”).

Непрерывно-заготовочный стан предназначен для прокатки заготовок сечением 80x80мм; 100x100мм; 125x125мм; 150x150мм; 150x200мм; 165x200мм следующих марок стали: углеродистый (кипящих, полуспокойных, спокойных) обыкновенного качества по ГОСТ 380-71, стали горячекатаной для армирования железобетонных конструкций по ГОСТ 5781-82, стали углеродистой качественной конструкционной по ГОСТ 1050-74 и ГОСТ 10702-78, стали легированной конструкционной по ГОСТ 4543-75 и гост 10702-78, стали низколегированной по ГОСТ 19282-73, стали углеродистой и низколегированной конструкционной для мостостроения по ГОСТ 6713-75, низкоуглеродистой по ГОСТ 2246-70, катанки стальной канатной по ГОСТ 1437-78.

Непрерывно-заготовочный стан включает в себя две группы клетей: черновую, состоящую из восьми клетей и чистовую, состоящую из шести клетей, маятниковые ножницы “1250т” для зачистки переднего и заднего концов раската, барабанные ножницы “400т” для порезки раската на мерные длины после черновой группы клетей, барабанные ножницы “150т” для порезки раската на мерные длины после чистовой группы клетей.

Металл перед прокаткой нагревается в двух методических печах с шагающим подом, отапливаемых коксодоменной смесью. Заготовки с шагающих балок печи передаются на внутривальной рольганг, по которому через боковые окна выдаются на стан.

Полученный квадрат сечением 80x80мм и 100x100мм подаётся для прокатки на непрерывном проволочном стане “250 – 1”.

После прокатки металл транспортируется рольгангом на холодильник реечного типа, а затем подвергается резке на товарные длины. Готовый прокат пакетируется в пачки и маркируется.

1.2 Описание технологического процесса

Блюмы, прокатанные на стане «1250» весом 10-13 тонн сечением от 320x320 мм до 350x350 мм после обрезки на ножницах «1250 т» транспортируется рольгангами к НЗС.

Раскат проходит клетки «А» и «1», кантуется на 90 град. кантователем и проходит последовательно клетки «В», «2», «3», «4», «5», «6».

Полученный раскат сечением 150x150мм, 150x200мм, 165x200мм шлепперным устройством подается на обводную линию и транспортируется рольгангами номер 5, 6, 7, 8 к летучим ножницам «400тн» для порезки на заготовки длиной 4-12 м на ходу при скорости движения раската 2,3-2,5 м/сек, обрезки переднего и заднего концов раската длиной 150-300 мм.

Заготовки, предназначенные для дальнейшего переката на квадрат 80x80 мм или 100x100 мм, после 1-й (черновой) группы клеток прокатывается во II-й группе, перед которой, в случае необходимости, производится обрезка головной части раскатов на маятниковых ножницах.

Перед II-й группой клеток раскат кантуется на 45 град. кантователем.

II-я группа состоит из шести клеток: «С», «D», «7», «8», «9», «10».

После прокатки раскат разрезается барабанными ножницами «150тн» на заготовки длиной 10500 - 11800мм, которые клеймятся в торец клеймовочным устройством, собираются в пакеты на пакетирующем рольганге II-й группы с косорасположенными роликами и транспортируются по рольгангам на холодильники.

Барабанные ножницы установлены на расстоянии 8,55 м от клетки №10 и предназначены для порезки раската сечением 100x100 мм, 80x80 мм, 125x125 мм с зачисткой головной и донной части при скоростях движения раската 3,3 - 6,5 м/сек.

Ножницы предназначены для работы в режиме непрерывного вращения со скоростью, синхронной скорости движения раската.

Мерная длина отрезаемой заготовки определяется поддержанием заданного соотношения скоростей вращения ножниц и движения раската.

Согласование положения ножей с положением раската при зачистке концов заготовки достигается изменением скорости вращения ножниц (снижением, либо повышением относительно синхронной рабочей скорости) на время отработки величины рассогласования.

1.3 Технологическая характеристика механического оборудования

При резе металла необходимо чтобы угол наклона ножей к разрезаемой поверхности не менялся в процессе резания. Поэтому в этих случаях применяются ножницы с параллельным, т.е. поступательным движением ножей друг к другу.

К такому типу относятся планетарные ножницы, предназначенные для установки за непрерывно-заготовочным станом.

Барабанные ножницы «150 т» состоят из следующих основных узлов:

- механизма резания;
- главного привода;
- механизма пропуска реза;
- механизма включения пропуска реза;
- механизма поворота.

Кинематическая схема ножниц представлена на рисунке 1.

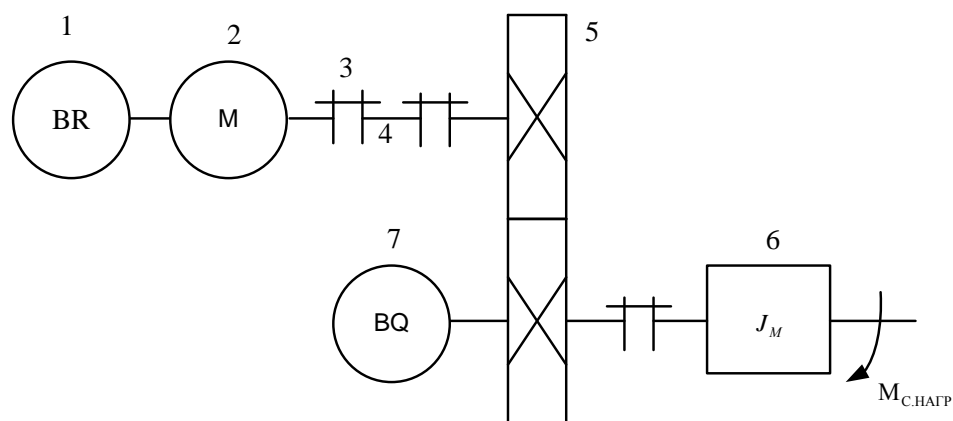


Рисунок 1 - Кинематическая схема барабанных ножниц «150 т»

1 - BR - тахогенератор; 2 - М - двигатель; 3 - муфта; 4 - вал;
5 - редуктор; 6 - механизм; 7 - BQ - датчик положения

Механизм резания (рисунок 2) состоит из двух несущих барабанов (нижнего и верхнего), смонтированных в станине на подшипниках качения и вращающихся в разные стороны.

Внутри каждого барабана смонтирован планетарный механизм, состоящий из солнечной, промежуточной и планетарной шестерён.

Солнечная шестерня закреплена на неподвижном валу, а с планетарной шестерней жёстко связаны барабаны с закреплёнными на них ножами.

При вращении несущих барабанов 4 (рисунок 2) и неподвижных солнечных шестернях 6, промежуточная шестерня 7 будет обкатывать вокруг солнечной шестерни, планетарные шестерни 8 будут совершать плоскопараллельное движение по окружности.

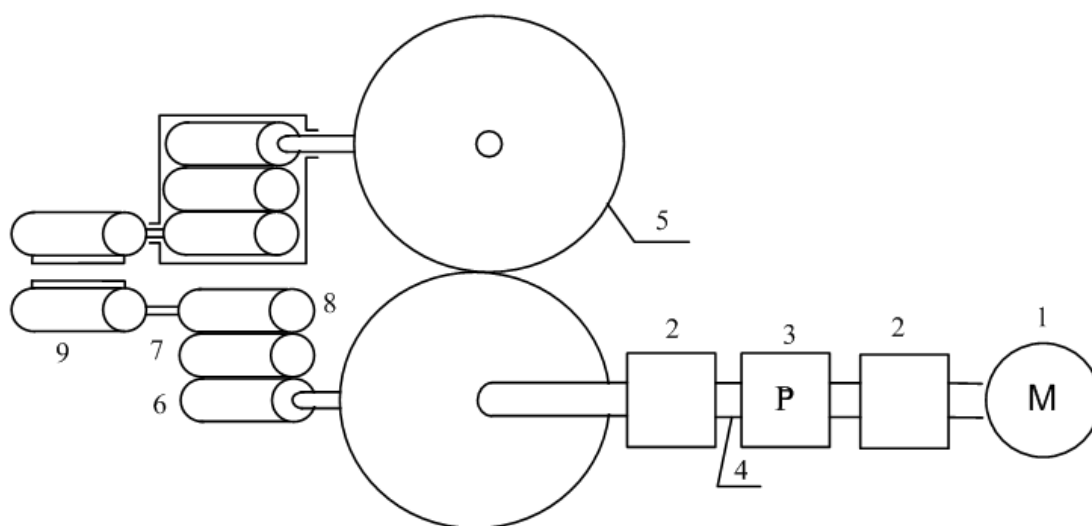


Рисунок 2 - Кинематическая схема барабанных ножниц с поступательно движущимися ножами. 1 - двигатель; 2 - муфта; 3 - редуктор; 4 - вал; 5 - большая шестерня; 6 -солнечная шестерня, 7 - промежуточная шестерня; 8 - планетарная шестерня; 9 - ножи

Шестерня 6 жестко закреплена на неподвижном валу, а шестерня 8 жестко связана с барабаном, на котором установлен нож 9. При этом ножи всегда будут перпендикулярны к разрезаемой полосе, и рез будет происходить за каждый оборот несущих барабанов.

Ножницы позволяют получить мерную длину в диапазоне 5-6 м за счёт изменения синхронной с раскатом скорости движения ножей на величину, определяемую допустимым изменением коэффициента обгона в диапазоне 1,0-1,24. При этом $K_{об}=1$ соответствует длине заготовке 6 м при работе без пропуска реза и 12 м - с пропуском реза.

Для получения мерных заготовок двойной длины необходим пропуск реза, для чего необходимо повернуть на некоторый угол с тем, чтобы ножи при встрече планетарных шестерён не задевали проходящий через ножницы металл.

Поворот шестерён производится механизмом пропуска реза, состоящего из двух рычагов, соединённых тягой, причём нижний рычаг поворачивается с помощью кривошипно-шатунного механизма.

При работе без пропуска реза вал кривошипа застопорен в мёртвой точке, а при работе с пропуском реза этот вал должен делать один оборот на два оборота

барабана. В редукторе привода ножниц выполнена двухступенчатая передача с передаточным числом $i=2$ к механизму пропуска реза.

Для осуществления пропуска механизм пропуска реза сочленяется с приводным зубчатым колесом с помощью зубчатого венца, который в этом случае перемещается в крайнее левое положение.

В случае, когда ножницы должны работать без пропуска реза, зубчатый венец перемещается в крайнее правое положение.

Переключение механизма пропуска реза осуществляется при остановленных ножницах, причём барабаны устанавливаются в положение максимального сведения ножей.

Технические параметры и характеристики механической части приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические параметры механической части барабанных ножниц

Наименование	Обозначения	Величина
Приведённый момент инерции механизма,	J_M	1150
Длина вала, мм	L	3480
Диаметр вала, мм	D	280
Радиус большой шестерни, мм	R_a	1515
Число зубьев большой шестерни	Z_6	150
Радиус реза, мм	$R_{рез}$	760
Максимальное усилие реза, т	M	150
Передаточное число редуктора	$i_{ред}$	3,714
Мерная длина отрезаемой заготовки, м	l	4-12
Скорость движения раската, м/с	u	3,3 - 6,5
Мерная длина отрезаемой заготовки, м	l	4-12
Скорость движения раската, м/с	u	3,3 - 6,5

Продолжение таблицы 1

Толщина разрезаемой заготовки, мм	h	100x100
Максимальная угловая скорость барабанов, рад/с	$w_{\sigma} = \frac{U}{R_{\sigma}}$	8,125
Максимальная скорость двигателя, рад/с	$w_{\sigma} = w_{\sigma} \times i_{ред}$	30,18

1.4 Требования к электроприводу барабанных ножниц

Данный электропривод реверсивный. Основными требованиями, предъявляемыми к электроприводу ножниц являются:

- непрерывный режим работы;
- работа в регулируемом режиме;
- диапазон регулирования скорости 1:10;
- плавный пуск и надежное ограничение ускорения и рывка;
- согласование скорости ножниц со скоростью головной части раската;
- ударное приложение нагрузки;
- высокая скорость и быстрое протекание переходных процессов при отработке возмущений по нагрузке;
- автоматическое ограничение момента при возможных перегрузках;

1.5 Разработка технического задания

Разработать регулируемый электропривод барабанных ножниц, удовлетворяющий следующим заданным техническим условиям и требованиям:

- род тока - постоянный;
- тиристорный преобразователь - реверсивный;
- напряжение питающей сети трехфазного переменного тока напряжением 380 В;
- отклонение напряжения питающей сети от номинального значения + 10%, -15%;

- частота питающей сети 50 Гц \pm 2 %, качество подаваемого напряжения должно соответствовать ГОСТ 13109-87;
- нагрузка - реактивная, ударного типа;
- работа в длительном режиме;
- максимальная линейная скорость барабана - 6,5 м/с;
- минимальная линейная скорость барабана - 3,3 м/с;
- точность регулировки, зависящая от номинального значения величины регулирования \pm 0,5 %;
- сигнал управления - аналоговый \pm 10 В;
- по защищенности от проникновения твердых тел и воды технические средства электропривода должны иметь степень защиты IP 23S, согласно ГОСТ 14254-80;
- Все элементы, находящиеся под напряжением должны иметь защиту от случайного прикосновения, а также заземление и зануление в соответствии с ГОСТ 12.1030-81;
- система электропривода должна обеспечивать безотказную работу в помещениях со следующими условиями: температура окружающей среды от 1 до 40 С; относительная влажность от 40 до 80 % (при температуре + 25°С); атмосферное давление от 630 до 800 мм рт ст; высота над уровнем моря до 1000 м;
- требования безопасности использования электропривода должны соответствовать ГОСТ 25.861-83;
- уровень воздушного шума при работе системы не должен превышать 70 дБ;
- электрооборудование должно выдерживать высокие температуры от разрезаемого горячего металла.

2. ВЫБОР СИСТЕМЫ И ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОГО КАНАЛА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

2.1 Выбор электродвигателя

По технологическим условиям для осуществления качественной порезки раската на мерные длины, электропривод барабанных ножниц должен работать в повторно-кратковременном режиме. Расчет мощности электродвигателя барабанных ножниц, ведём по методике, изложенной в литературе [6].

Правильный выбор мощности электродвигателя имеет большое значение, так как этим обеспечиваются минимальные затраты и потери электроэнергии при эксплуатации, высокая производительность и надежность работы механизма.

Занижение мощности электродвигателя вызывает его перегрев при работе, преждевременный выход из строя, повышенную стоимость ремонта.

Завышение мощности ухудшает энергетические показатели электродвигателя. При этом снижается коэффициент полезного действия, увеличиваются капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

Выбор мощности электродвигателя должен быть произведен в полном соответствии с нагрузкой на валу и режимом работы [11].

Правильно выбранный электродвигатель должен при работе развивать наибольшую мощность, при которой он не нагревается выше допустимого предела.

Выбор двигателя по моменту производим по выражению[6]

$$M_{\text{дв}} \geq \frac{M_{\text{рез.макс}}}{I_{\text{дв}}} = \frac{150780}{2.25} = 67013 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

где $I_{\text{де}} = 2.25$ - перегрузочная способность двигателя постоянного тока;

$$M_{\text{рез.макс}} = \frac{F \times R_{\text{рез}}}{i_{\text{ред}}} = \frac{700000 \times 0.76}{3.714} = 150780 \text{ Н}\cdot\text{м} - \text{момент реза максимальный};$$

$$F = t_{cp} \times S = 70 \times 10^6 \times 0.01 = 700000 \text{ Н} - \text{усилие реза,}$$

где $t_{cp} = 70 \text{ МПа}$ - сопротивление резанию 1 мм^2 сечения металла при $t = 800^\circ\text{C}$

[11];

$$S = 100 \times 100 \text{ мм} = 0.01 \text{ м}^2 - \text{площадь разрезаемой заготовки.}$$

По литературе [5] выбираем двигатель серии МП-2000/315У4 . Параметры выбранного электродвигателя приведено в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры электродвигателя МП-2000/315У4

Наименование	Обозначение	Величина
Номинальная мощность электродвигателя, кВт	P_H	2x1000
Номинальное напряжение электродвигателя, В	U_H	2x440
Номинальный ток электродвигателя, А	I_H	2460
Номинальный момент электродвигателя, Н×м	M_H	2x30411
Частота вращения номинальная, об/мин	n_H	315
Частота вращения максимальная, об/мин	$n_{\text{макс}}$	800
Число пар полюсов	p	8
Сопротивление обмотки якоря при $t=15^\circ\text{C}$, Ом	$R_{\text{оя}}$	0,00331
Сопротивление компенсационной обмотки, Ом	$R_{\text{ко}}$	0,002
Сопротивление обмотки дополнительных полюсов, Ом	$R_{\text{дп}}$	0,001

Продолжение таблицы 2

Сопротивление обмотки возбуждения, Ом	$R_{ОВ}$	3.27
Число параллельных ветвей обмотки якоря	$2a$	8
Момент инерции, кг \times м ²	$J_{ДВ}$	1150
Номинальный ток возбуждения, А	$I_{ВН}$	1150
Поток электродвигателя номинальный, Вб	$\Phi_{ДВ.Н}$	0.23

Расчетные параметры двигателя

Сопротивление двигателя в холодном состоянии

$$R_{ДВ} = R_{ОЯ} + R_{КО} + R_{ДП} = 0.00331 + 0.002 + 0.001 = 0.00631 \text{ Ом.}$$

Сопротивление двигателя в горячем состоянии

$$R_{ДВ.ГОР} = b \times R_{ДВ} = 1.38 \times 0.00631 = 0.0095 \text{ Ом,}$$

где $b = 1 + 0.004t = 1.38$ - температурный коэффициент.

Номинальная скорость вращения двигателя

$$\omega_{Н} = \frac{\rho \times n_{Н}}{30} = \frac{3.14 \times 315}{30} = 32.97 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Максимальная скорость вращения двигателя

$$\omega_{МАКС} = \frac{\rho \times n_{МАКС}}{30} = \frac{3.14 \times 800}{30} = 83.73 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Коэффициент ЭДС $\frac{\text{Вб} \times \text{с}}{\text{рад} \times \text{А}}$ и электромагнитного момента двигателя

$$\frac{\text{Н} \times \text{м}}{\text{А} \times \text{рад}}$$

$$c_{ДВ} = \frac{U_{Н} - I_{Н} \times R_{ДВ.ГОР}}{\omega_{Н}} = \frac{440 - 2460 \times 0.0095}{32.97} = 12.63 \frac{\text{Вб} \times \text{с}}{\text{рад} \times \text{А}}$$

Индуктивность двигателя

$$L_{ДВ} = \frac{g \times U_{Н}}{I_{Н} \times \omega_{Н} \times \rho} = \frac{0.1 \times 440}{2460 \times 32.97 \times 4} = 0.135 \text{ мГн,}$$

где $g = (0.1, 0.2)$ для компенсированных машин. Принимаем $g = 0.1$.

2.2 Выбор тиристорного преобразователя

Основными техническими данными тиристорных преобразователей является номинальный выпрямленный ток (I_{dH}, A) и номинальное выпрямленное напряжение (U_{dH}, B). Методику выбора преобразователя берем из справочной литературы [3].

Выбор преобразователя осуществляем по номинальному напряжению и току двигателя с учетом коэффициентов перегрузки двигателя и преобразователя.

Поскольку коэффициент перегрузки двигателя и преобразователя равны $I_{дв} = I_{тп} = 2.25$, то достаточными условиями выбора при $U_H = 930 B$ и $I_H = 2460 A$ являются: $U_{dH} = 1050 B$ и $I_{dH} = 2500 A$ преобразователя.

По литературе [3] выбираем комплектный тиристорный электропривод серии КТЭ 2500/930Е-100-04-00000- УХЛ4, в состав которого входит преобразователь с параметрами приведенными в таблице 3.

Таблица 3 - Параметры преобразователя серии КТЭ 2500/930Е

Наименование	Обозначение	Величина
Схема выпрямления	Трехфазная мостовая с отдельным управлением	
Номинальный выпрямленный ток, А	I_{dH}	2500
Номинальное выпрямленное напряжение, В	U_{dH}	1050
Номинальная выходная мощность, кВт	P_{dH}	2625
Напряжение управления, В	U_y	10
Перегрузочная способность по току длительностью 10 с	$\frac{I_{доп}}{I_{ном}}$	2.25

Продолжение таблицы 3

Угол управления начальный, град	$a_{\text{нач}}$	110
Угол управления минимальный, град	$a_{\text{мин}}$	30^0
Угол управления максимальный, град	$a_{\text{макс}}$	160^0
Размах опорного напряжения на входе СИФУ, В	$2U_{\text{ОП.макс}}$	10
Коэффициент передачи управляющего органа на вход СИФУ	k_{y0}	0,5
Временная пауза при реверсировании, с	t_3	0.005

2.3 Выбор трансформатора

Основанием для выбора трансформатора является номинальный ток преобразователя $I_{дн} = 2500$ А и напряжение $U_{дн} = 1050$ В.

По литературе [3] выбираем масляный трансформатор ТМП-4000/10 параметры которого приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Параметры трансформатора ТМП-4000/10

Наименование	Обозначение	Величина
Схема соединения обмоток	Y/D- 11	
Напряжение первичной обмотки, кВ	$U_{1л}$	I=10,5 II=10,0 III = 9,5
Напряжение вторичной обмотки, В	$U_{2л}$	915
Ток вторичной обмотки, А	$I_{2л}$	2040
Ток первичной обмотки, А	$I_{1л}$	186
Мощность, кВА	P_1	3230

Продолжение таблицы 4

Номинальное выпрямленное напряжение преобразователя, В	U_{dH}	1050
Номинальный выпрямленный ток, А	I_{dH}	2500
Потери от протекания токов короткого замыкания, кВт	$DP_{к.з}$	19,5
Потери в меди, кВт	DP_M	32,7
Напряжение короткого замыкания, %	$U_{к.з}$	6

Расчетные параметры трансформатора ТМП-4000/10

Активное сопротивление обмотки фазы трансформатора

$$R_{тр.ф} = \frac{DP_{кз}}{m_2 \times I_{2ф}^2} = \frac{19500}{3 \times 2040^2} = 0.00156 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление обмотки фазы трансформатора

$$Z_{тр.ф} = \frac{U_{кз} \times U_{2ф}}{100 \times I_{2ф}} = \frac{6 \times 28.48}{100 \times 2040} = 0.0155 \text{ Ом.}$$

Индуктивное сопротивление обмотки фазы трансформатора

$$X_{тр.ф} = \sqrt{Z_{тр.ф}^2 - R_{тр.ф}^2} = \sqrt{0.0155^2 - 0.00156^2} = 0.0154 \text{ Ом.}$$

Индуктивность обмотки фазы трансформатора

$$L_{тр.ф} = \frac{X_{тр.ф}}{\omega_c} = \frac{0.0154}{314} = 0.049 \text{ мГн,}$$

где $\omega_c = 2\pi \times f_c = 2 \times 3.14 \times 50 = 314 \text{ с}^{-1}$ - угловая частота питающей сети.

2.4 Выбор сглаживающего реактора

Сглаживающий реактор выбираем из двух условий - ограничение зоны прерывистых токов и сглаживания пульсаций выпрямленного тока[1].

Из условия ограничения зоны прерывистых токов необходимое значение индуктивности якорной цепи:

$$L_{кн1} = \frac{U_{2ф} \times \kappa_{гр.макс}}{w_c \times \kappa_{U2} \times I_{гр.макс}} = \frac{528.48 \times 0.093}{314 \times 0.428 \times 246} = 1.49 \text{ мГн},$$

где $I_{гр.макс} = 0.1 \times I_H = 246 \text{ А}$ - допустимое значение граничного тока;

$$\kappa_{гр.макс} = 1 - \frac{\rho}{m_B} \text{ctg} \frac{\rho}{m_B} = 1 - \frac{3.14}{6} \text{ctg} \frac{3.14}{6} = 0.093.$$

Требуемое значение индуктивности сглаживающего реактора

$$L_{др1} = L_{кн1} - 2L_{тр.ф} - 2L_{дв} = 1.49 - 2 \times 0.049 - 2 \times 0.135 = 1.12 \text{ мГн}.$$

Необходимое значение индуктивности якорной цепи из условия ограничения пульсаций выпрямленного тока:

$$L_{кн2} = \frac{E_{d(1)max} \times 100}{w_c \times m_B \times I_d \times P_{1(\%)}} = \frac{299.24 \times 100}{314 \times 6 \times 2460 \times 7} = 0.91 \text{ мГн},$$

где $E_{d(1)max} = \frac{U_{2ф} \times \sqrt{2} \times m_B}{\kappa_{U2} \times (m_B^2 - 1)} = \frac{528.48 \times \sqrt{2} \times 6}{0.428 \times (6^2 - 1)} = 299.24 \text{ В}$, - действующее

значение первой гармоники выпрямленного тока.

$P_{1(\%)} = (2, 7)\%$ допустимое действующее значение первой гармоники выпрямленного тока в процентах, принимаем $P_{1(\%)} = 7$ при угле управления $a = 90^\circ$ и номинальном токе $I_{дн}$ преобразователя.

Требуемое значение индуктивности дросселя

$$L_{др2} = L_{кн2} - 2L_{тр.ф} - 2L_{дв} = 0.91 - 2 \times 0.049 - 2 \times 0.135 = 0.542 \text{ мГн}.$$

По литературе [3] выбираем сглаживающий реактор типа ТРОС -1600/УХЛ4 с естественным воздушным охлаждением, открытого исполнения.

Параметры реактора приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Параметры реактора ТРОС - 1600/УХЛ4

Наименование	Обозначение	Величина
Номинальный постоянный ток, А	$I_{др}$	2500
Номинальная индуктивность, мГн	$L_{др}$	0,8
Потери в реакторе, кВт	$DP_{др}$	13,6
Активное сопротивление реактора, Ом	$R_{др} = \frac{DP_{др}}{I_{др}^2}$	0,00212

2.5 Определение параметров якорной цепи

Эквивалентное сопротивление якорной цепи

$$R_{яц} = 2R_{дв.гор} + 2R_{тр.ф} + R_{др} + R_k + R_{ш} = \\ = 2 \times 0.0095 + 2 \times 0.00156 + 0.00121 + 0.015 + 0.00095 = 0.0401 \text{ Ом},$$

где $R_{ш} = 0.1R_{дв.гор} = 0.00095$ Ом - сопротивление соединительных проводов;

$$R_k = \frac{m_b \times X_{тр.ф}}{2\rho} = \frac{6 \times 0.0154}{2 \times 3.14} = 0.0147 \text{ Ом},$$

- сопротивление, учитывающее коммутацию токов вентиляей.

Эквивалентная индуктивность якорной цепи

$$L_{\Sigma} = 2L_{дв} + 2L_{тр.ф} + L_{др} = 2 \times 0.135 + 2 \times 0.049 + 0.8 = 0.00117 \text{ Гн}.$$

Электромагнитная постоянная времени якорной цепи

$$T_{яц} = \frac{L_{яц}}{R_{яц}} = \frac{0.00117}{0.0401} = 0.03 \text{ с}.$$

Электромагнитная постоянная цепи двигателя

$$T_{дв} = \frac{2L_{дв}}{2R_{дв}} = \frac{2 \times 0.135 \times 10^{-3}}{2 \times 0.0095} = 0.0142 \text{ с}.$$

Так как двигатель двухякорный, то в дальнейших расчётах принимаем

$$c = 2c_{дв} = 2 \times 12.63 = 25.26 \frac{\text{эВ} \times \text{с}}{\text{град} \cdot \text{с}}$$

Электрохимическая постоянная времени

$$T_M = \frac{J_{\text{э}} \times R_{\text{яц}}}{c^2} = \frac{1150 \times 0.0401}{25.26^2} = 0.0722 \text{ с.}$$

Коэффициент усиления (максимальное значение) тиристорного преобразователя [3]

$$K_{\text{ТП.макс}} = \frac{\rho \times \kappa_{\text{У0}} \times E_{d0}}{2U_{\text{ТП.макс}}} = \frac{3.14 \times 0.5 \times 1235.75}{10} = 194.1,$$

где

$$E_{d0} = \frac{U_{2\phi}}{\kappa_{U2}} = \frac{915}{\sqrt{3} \times 0.428} = 1235.75 \text{ В}$$

- ЭДС холостого хода преобразователя [1] при $\alpha = 0$;

- $\kappa_{U2} = 0.428$ коэффициент схемы выпрямления для трехфазной мостовой схемы [1].

Сопротивление тиристорного преобразователя

$$R_{\text{ТП}} = 2 \times R_{\text{тр.ф}} + R_{\text{Т}} = 2 \times 0.00156 + 0.015 = 0.01812 \text{ Ом.}$$

Индуктивность тиристорного преобразователя

$$L_{\text{ТП}} = 2L_{\text{тр.ф}} = 2 \times 0.049 = 0.098 \text{ мГн.}$$

Упрощенная схема силовой цепи системы ТП-Д приведена на рисунке 3.

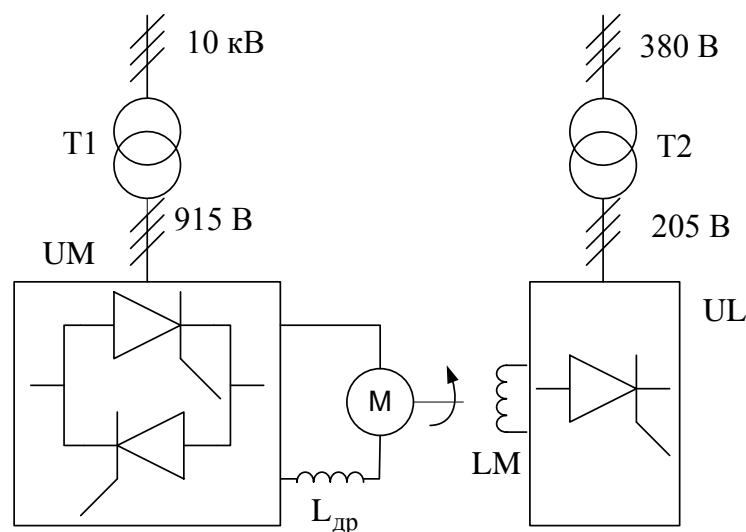


Рисунок 3 - Схема силовой цепи системы ТП-Д

Т- силовой трансформатор, UM - тиристорный преобразователь якоря; М - электрическая машина; LM - обмотка возбуждения электрической машины; UL – выпрямитель возбуждения.

2.6 Определение области работы электропривода

Заданная область существования электромеханических характеристик привода, ограниченная значениями $\omega = \pm \omega_{\text{эл.макс}}$ и $I(\omega) = \pm I_{\text{доп}}(\omega)$, должна полностью располагаться внутри области существования характеристик проектируемой системы преобразователь - двигатель [1]. Последняя в свою очередь ограничена предельными характеристиками, соответствующей работе проводящей группы вентилей в режиме предельного инвертирования, а в выпрямительном режиме при минимальном угле управления.

Выполнение этого условия требует значительного запаса по напряжению и мощности преобразователя, поэтому такой подход может быть рекомендован только при проектировании электроприводов, от которых требуется реализация предельных динамических возможностей исполнительных двигателей. В остальных случаях возможно без значительного снижения быстродействия обеспечить требования к запасу по напряжению и мощности. Однако и в этом случае должны быть выполнены следующие условия: при пониженном напряжении сети и работе преобразователя в выпрямительном режиме с минимальным углом управления электромеханическая характеристика разомкнутой системы должна быть выше точки с координатами $\omega = \omega_{\text{эл.макс}}$ и $I = I_{\text{н}}$, а при реверсировании электропривода должно обеспечиваться безопасное инвертирование при допустимом токе двигателя. Для электроприводов с повышенными требованиями к динамическим показателям следует стремиться обеспечить, $I_{\text{макс}} = I_{\text{доп}}(\omega)$, а в остальных случаях ограничиться условием $I_{\text{макс}} \geq I_{\text{н}}$.

Область работы электропривода задана в 4-х квадрантах координат где

$\omega_{\text{эл.макс}} = 32.97 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ - максимальная угловая скорость электропривода,

$I_{\text{макс}} = 5000 \text{ A}$ - максимально допустимый ток электропривода.

Работа электропривода в I и III квадрантах

Электрическая машина работает в двигательном режиме. Группа «Вперед» (I квадрант) или группа «Назад» (III квадрант) преобразователя работают в выпрямительном режиме (угол управления $\alpha < 90^\circ$).

Характеристики рассчитаем при пониженном напряжении сети $k_{Uc} = 0.9$.

Минимальный угол управления преобразователем

$$a_{\min} = \arccos \frac{\frac{2}{\pi} \times W_{\text{эп.макс}} + I_{\text{дв.н}} \times R_{\text{яц}}}{k_{Uc} \times E_{d0}} = 33.12 \text{ град.}$$

Принимаем $a_{\min} = 30^\circ$.

Электромеханическая характеристика разомкнутой системы преобразователь - двигатель при $a_{\text{вс}} = 30^\circ$ (характеристика 1 на рис.4) рассчитывается по выражению

$$w(I_{\text{я}}) = \frac{1}{c} \times (k_{Uc} \times E_{d0} \times \cos a_{\min} - R_{\text{яц}} \times I_{\text{я}}) = \frac{1}{25.26} \times (0.9 \times 235.75 \times \cos 30 - 0.0401 \times I_{\text{я}}).$$

Результаты расчета сводим в таблицу 6.

Таблица 6 - Электромеханическая характеристика при $a_{\min} = 30^\circ$

$I_{\text{я}}, \text{A}$	$I_{\text{я}} = 0$	$I_{\text{я.ном}}$	$I_{\text{я.макс}}$
$w, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	38.13	34.22	30.19

Работа электропривода в II и IV квадрантах

Электрическая машина работает в генераторном режиме. Группа «Назад» (II квадрант) или группа «Вперед» (IV квадрант) преобразователя работают в инверторном режиме (угол управления $\alpha > 90^\circ$).

Предельная характеристика безопасного инвертирования при работе преобразователя в инверторном режиме (характеристика 2 на рис.4) рассчитывается по выражению

$$\begin{aligned} \omega(I_{я}) &= \frac{1}{c} [k_{Uc} \times E_{d0} \times \cos d - (R_{тп} - R_{щюльв}) \times I_{я}] = \\ &= \frac{1}{25.26} [0.9 \times 235.75 \times \cos 5 - (0.01812 - 0.02198) \times I_{я}] \end{aligned}$$

где $R_{щюльв} = R_{яц} - R_{тп} = 0.0401 - 0.01812 = 0.02198$ Ом,

$d = 5$ град.

Результаты расчета сводим в таблицу 7.

Таблица 7 - Характеристика предельного инвертирования (II квадрант)

$I_{я}, A$	$I_{я} = 0$	$- I_{я.ном}$	$- I_{я.макс}$
$\omega, \frac{\text{рад}}{c}$	43.86	44.23	44.62

Максимальный угол управления преобразователем при работе в инверторном режиме определяется по выражению

$$\begin{aligned} a_{макс} &= \arccos \frac{R_{тп} \times I_{эл.макс}}{k_{Uc} \times E_{d0}} - \cos d = \\ &= \arccos \frac{0.01812 \times 5000}{0.9 \times 235.75} - \cos 5^{\circ} = 146.4 \text{ град.} \end{aligned}$$

Принимаем $a_{макс} = 150$ град.

Электромеханическая характеристика разомкнутой системы преобразователь - двигатель при $a_{макс} = 150$ град (характеристика 3 на рис. 4).

$$\begin{aligned} \omega(I_{я}) &= \frac{1}{c} (-k_{Uc} \times E_{d0} \times \cos a_{мин} - R_{яц} \times I_{я}) = \\ &= \frac{1}{25.26} (-0.9 \times 235.75 \times \cos 150 - 0.0401 \times I_{я}). \end{aligned}$$

Результаты расчета сводим в таблицу 8.

Таблица 8 - Электромеханическая характеристика при $\alpha_{\text{макс}} = 150$ град

$I_{\text{я}}, \text{А}$	$I_{\text{я}} = 0$	$- I_{\text{я.ном}}$	$- I_{\text{я.макс}}$
$\omega, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	38.13	42.03	46.06

По результатам таблиц 6 – 8 строим характеристики системы ТП-Д, представленные на рисунке 4.

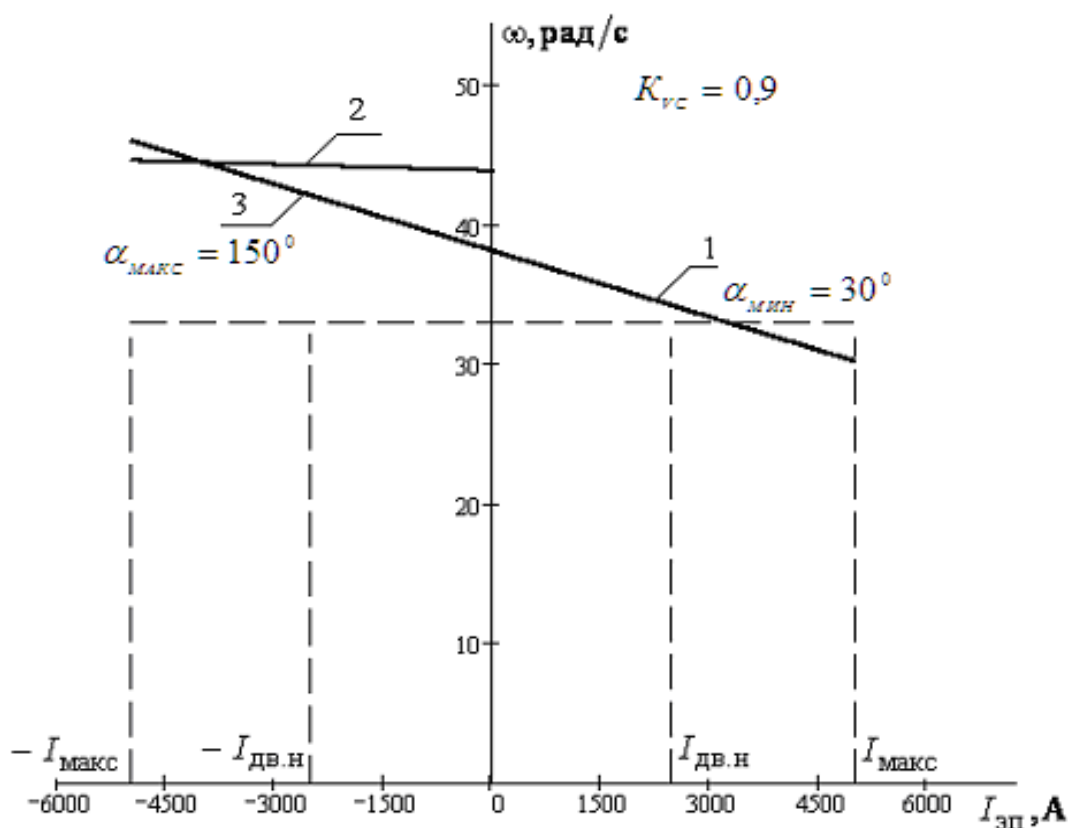


Рисунок 4 – Область работы и предельные характеристики электропривода

Выводы: Характеристика 1 расположена выше точки с координатами $\omega = \omega_{\text{ЭП.макс}}$ и $I = I_{\text{н}}$, характеристика предельного инвертирования 2 не пересекает заданную область существования электромеханических характеристик привода, это условие достаточное для безопасного инвертирования, если скорость привода $\omega \leq \omega_{\text{ЭП.макс}}$.

2.7 Механическая система электропривода

Кинематические схемы механической части электроприводов промышленных агрегатов могут быть весьма сложными, состоящими из нескольких инерционных масс и соединяющих их упругих связей. На практике упругую механическую систему удастся свести к двухмассовой.

Расчетная схема механической системы барабанных ножниц может быть представлена в виде простейшей двухмассовой на рисунке 5.

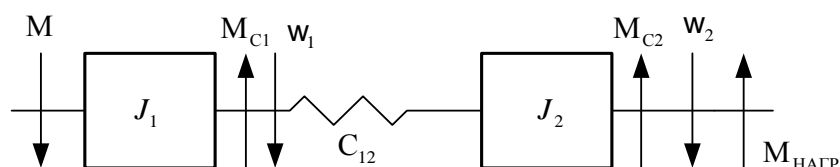


Рисунок 5 - Расчетная схема замещения механической системы

Параметры расчетной схемы

Момент инерции вала 4 (см. рисунок 2)

$$J_{\text{вала}} = \kappa \times \rho \times \frac{R^4}{2} \times L \times g = 1.5 \times 3.14 \times \frac{0.14^4}{2} \times 6.96 \times 7800 = 49.12 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

Момент инерции муфт 2 (см. рисунок 2) [12]

$$J_{\text{муфт}} = (0.5, 0.6) \times J_{\text{вала}} = 0.6 \times 49.12 = 30 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

Момент инерции первой массы

$$J_1 = J_{\text{дв}} + 0.5 \times (J_{\text{вала}} + J_{\text{муфт}}) = 910 + 0.5 \times (49.12 + 30) = 950 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

Момент инерции второй массы

$$J_2 = J_{\text{м}} - 0.5 \times (J_{\text{вала}} + J_{\text{муфт}}) = 240 - 0.5 \times (49.12 + 30) = 200 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

Коэффициент угловой жесткости вала 4 [12]

$$C_{j12} = \frac{\rho \times d_B^4 \times G}{32 \times \kappa \times L} = \frac{3.14 \times 0.28^4 \times 8.1 \times 10^{10}}{32 \times 1.5 \times 6.96} = 467946.6 \frac{\text{Н} \times \text{м}}{\text{рад}},$$

где $G = 8.1 \times 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ - модуль сдвига для стали.

На рисунке 6 приведена структурная схема двухмассовой механической системы (ДМС) привода барабанных ножниц.

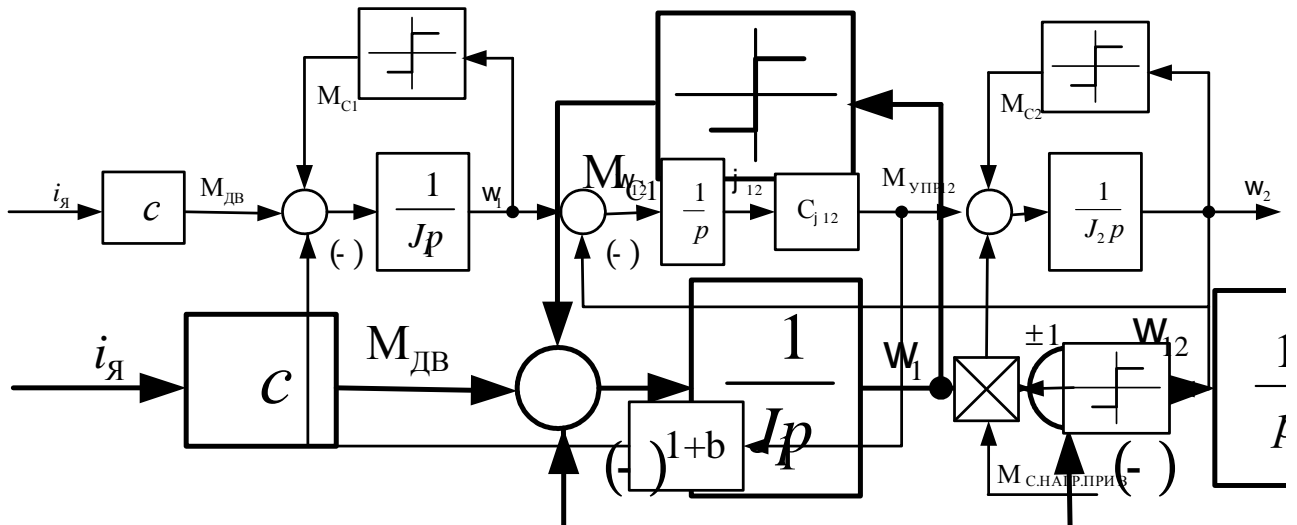


Рисунок 6 - Структурная схема ДМС привода барабанных ножниц

Параметры двухмассовой механической системы

Момент сопротивления на валу первой массы

$$M_{c1} = M_{c,дв} = M_{эм.н} - M_{дв.н} = 63139.6 - 60661.2 = 1478.4 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $M_{эм.н} = c \times I_{дв.н} = 25.26 \times 2460 = 63139.6 \text{ Н} \cdot \text{м}$, - электромагнитный момент двигателя.

Момент сопротивления постоянных потерь на трение на валу второй массы

$$M_{c2} = M_{пост} = a \times M_{пер} = 0.088 \times 60823.4 = 5352.46 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где

$$a = b = \frac{1 - h_{пер}}{2h_{пер}} = \frac{1 - 0.85}{2 \times 0.85} = 0.088, \text{ - коэффициент постоянных и переменных}$$

потерь в механизме.

Момент нагрузки (реза) максимальный

$$M_{с.нагр} = (0.15, 1) M_{дв.н} = 9123.3, 60822 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Угловая частота собственных колебаний двухмассовой системы

$$\omega_{12} = \sqrt{\frac{J_1 + J_2}{J_1 \times J_2}} \times c_{12} = 53.219 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \text{ или } f_{12} = \frac{\omega_{12}}{2\pi} = 8.47 \text{ Гц.}$$

В линеаризованных системах с целью упрощения расчетов используется одномассовая механическая схема (ОМС) (рисунок 7), тогда эквивалентный момент инерции одномассовой системы

$$J_{\dot{a}} = J_1 + J_2 = 950 + 200 = 1150 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

Момент сопротивления типа сухого трения

$$M_c = M_{c1} + M_{c2} = 1478.4 + 5352.46 = 6830.86 \text{ Н} \times \text{м}.$$

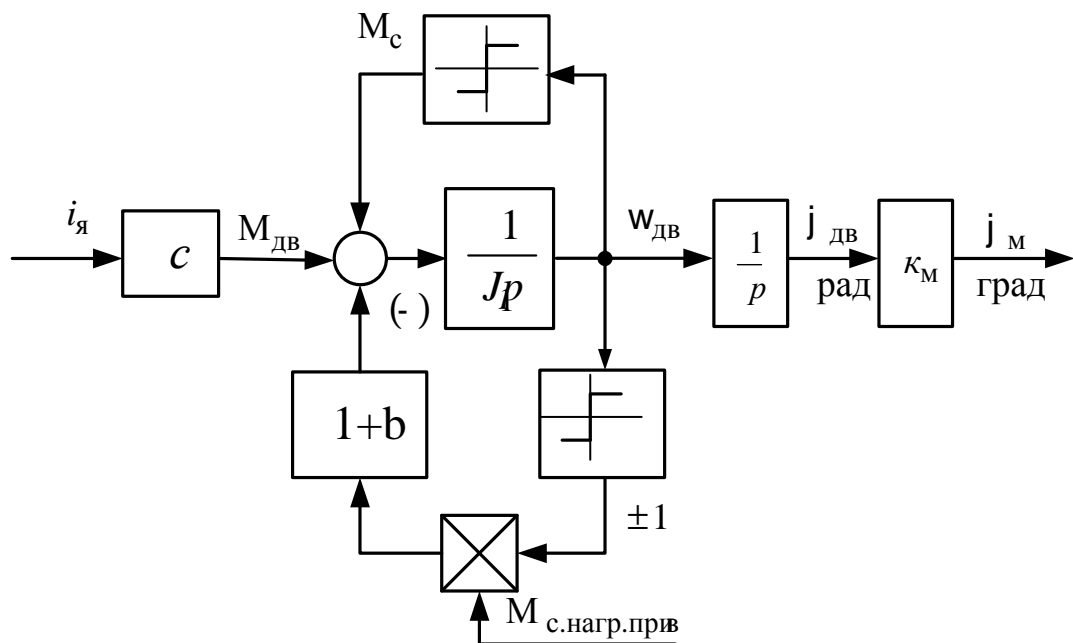


Рисунок 7 - Структурная схема ОМС привода барабанных ножниц
Коэффициент передачи механизма

$$K_M = \frac{360}{i_{ред} \times 2\pi} = \frac{360}{3.714 \times 6.28} = 15.43 \frac{\text{град}}{\text{рад}}.$$

2.8 Расчет параметров цепи возбуждения

Кривая намагничивания двигателя [12] приведена на рисунке 8.

Сопротивление обмотки возбуждения в горячем состоянии

$$R_{ов.гор} = 1.3R_{ов} = 1.3 \times 3.27 = 4.25 \text{ Ом}.$$

Напряжение возбуждения

$$U_{\text{ов.гор}} = I_{\text{ов.н}} \times R_{\text{ов.гор}} = 32 \times 4.25 = 136 \text{ В.}$$

Индуктивность цепи основного потокосцепления в точке номинального режима

$$L_{\text{ов.мин}} = 2 \times p \times w_{\text{ов}} \times \frac{D\Phi_{\text{н}}}{DI_{\text{ов.н}}} = 2 \times 4 \times 170 \times \frac{0.23}{32} = 9.7 \text{ Гн.}$$

Индуктивность потока рассеяния

$$L_s = 2 \times p \times w_{\text{ов}} \times \frac{0.18\Phi_{\text{н}}}{I_{\text{ов.н}}} = 2 \times 4 \times 170 \times \frac{0.18 \times 0.23}{32} = 1.76 \text{ Гн.}$$

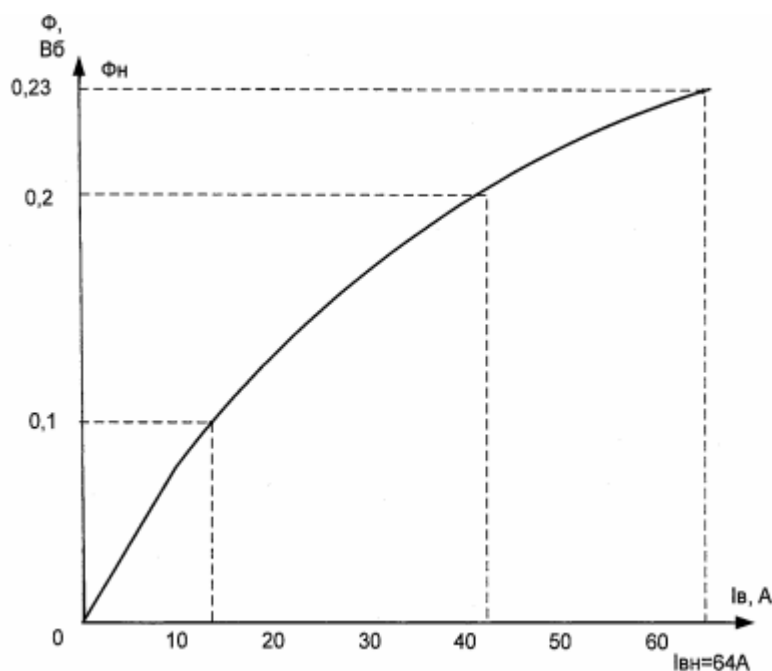


Рисунок 8 - Кривая намагничивания двигателя МП 2000/ 315 У4

Для питания обмотки возбуждения выбираем, тиристорный возбудитель серии КТЭ 100/230М-01Т-00-00000-УХЛ4 [3] , параметры возбудителя приведены в таблице 9.

Исходя из значений тока и напряжения обмотки возбуждения выбираем сухой трехфазный двухобмоточный трансформатор типа ТСП 25/0.7- УХЛ4 [3], параметры трансформатора приведены в таблице 10.

Таблица 9 - Параметры тиристорного преобразователя цепи возбуждения

Наименование	Обозначение	Величина
Схема выпрямления		Трехфазная мостовая
Напряжение сети, В	$U_{\text{сн.ТПВ}}$	3х380
Номинальный ток, А	$I_{\text{н.ТПВ}}$	100
Номинальная выходная мощность, кВт	$P_{\text{н.ТПВ}}$	23
Номинальное напряжение, В	$U_{\text{н.ТПВ}}$	230
Угол управления начальный, град	$\alpha_{\text{нач}}$	150
Угол минимальный, град	$\alpha_{\text{мин}}$	30
Угол максимальный, град	$\alpha_{\text{макс}}$	160
Размах опорного напряжения на входе СИФУ, В	$2U_{\text{оп.макс}}$	10

Таблица 10 - Параметры трансформатора цепи возбуждения ТСП 25/0.7

Наименование	Обозначение	Величина
Группа соединения обмоток трансформатора	Y/D- 11	
Напряжение первичной обмотки, В	$U_{1\text{л}}$	380
Напряжение вторичной обмотки, В	$U_{2\text{л}}$	205
Ток вторичной обмотки, А	I_2	82
Мощность, кВА	S	29,1
Номинальное выпрямленное напряжение, В	$U_{d\text{н}}$	230
Номинальный выпрямленный ток, А	$I_{d\text{н}}$	100
Потери от протекания токов короткого замыкания, кВт	$DP_{\text{к.з}}$	1,1
Напряжение короткого замыкания, %	$U_{\text{к.з}}$	5,5

Расчетные параметры трансформатора ТСП 25/0.7

Активное сопротивление обмотки фазы трансформатора

$$R_{\delta \delta} = \frac{DE_{\epsilon c}}{m_2 \times I_{2\delta}^2} = \frac{1100}{3 \times 82^2} = 0.054 \text{ Ом}.$$

Полное сопротивление обмотки фазы трансформатора

$$Z_{\text{тр.ф}} = \frac{U_{\text{кз}} \times U_{2\phi}}{100 \times I_{2\phi}} = \frac{5.5 \times 45}{100 \times 82} = 0.097 \text{ Ом}.$$

Индуктивное сопротивление обмотки фазы трансформатора

$$X_{\text{тр.ф}} = \sqrt{Z_{\text{тр.ф}}^2 - R_{\text{тр.ф}}^2} = \sqrt{0.097^2 - 0.054^2} = 0.08 \text{ Ом}.$$

Индуктивность обмотки фазы трансформатора

$$L_{\text{тр.ф}} = \frac{X_{\text{тр.ф}}}{\omega_c} = \frac{0.08}{314} = 0.254 \text{ мГн}.$$

Расчётные параметры цепи обмотки возбуждения

Сопротивление цепи обмотки возбуждения

$$R_{\text{ц.в}} = 1.1 \times \frac{R_{\text{ов.гор}}}{2} + 2R_{\text{тр.ф}} + R_{\text{к}} = 1.1 \times \frac{4.25}{2} + 2 \times 0.054 + 0.076 = 2.52 \text{ Ом},$$

где $R_{\text{к}} = \frac{m_{\text{в}} \times X_{\text{тр.ф}}}{2\rho} = \frac{6 \times 0.08}{2 \times 3.14} = 0.076 \text{ Ом}$, - сопротивление, учитывающее коммутацию

токов вентиляей.

Индуктивность цепи возбудителя

$$L_{\text{тпв}} = 2 \times L_{\text{тр.ф}} = 2 \times 0.254 = 0.508 \text{ мГн}.$$

Постоянная времени основного потокосцепления обмотки возбуждения двигателя

$$T_{\text{ов}} = \frac{L_{\text{ов}}}{R_{\text{ов.ц}}} = \frac{9.7}{2.52} = 3.85 \text{ с}.$$

Постоянная времени потока рассеяния цепи возбуждения

$$T_s = \frac{L_s + L_{\text{ТПВ}}}{R_{\text{об.п}}} = \frac{1.76 + 0.508 \times 10^{-3}}{2.52} = 0.698 \text{ с.}$$

Постоянная времени контура вихревых токов

$$T_k = 0.1 \times T_{\text{об}} = 0.1 \times 3.85 = 0.385 \text{ с.}$$

Большая постоянная времени контура тока возбуждения

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{T_{\text{об}} + T_s + T_k}{2} + \sqrt{\frac{\frac{\omega}{C} T_{\text{об}} + T_s + T_k}{2} \frac{\ddot{\omega}}{\omega} - T_s \times T_k} = \\ &= \frac{3.85 + 0.698 + 0.385}{2} + \sqrt{\frac{\frac{\omega}{C} 3.85 + 0.698 + 0.385}{2} \frac{\ddot{\omega}}{\omega} - 0.696 \times 0.385} = 4.87 \text{ с.} \end{aligned}$$

Малая постоянная времени контура тока возбуждения

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{T_{\text{об}} + T_s + T_k}{2} - \sqrt{\frac{\frac{\omega}{C} T_{\text{об}} + T_s + T_k}{2} \frac{\ddot{\omega}}{\omega} - T_s \times T_k} = \\ &= \frac{3.85 + 0.698 + 0.385}{2} - \sqrt{\frac{\frac{\omega}{C} 3.85 + 0.698 + 0.385}{2} \frac{\ddot{\omega}}{\omega} - 0.696 \times 0.385} = 0.0551 \text{ с.} \end{aligned}$$

Коэффициент усиления тиристорного преобразователя в цепи обмотки возбуждения, выполненным по трёхфазной мостовой схеме с нулевым вентелем.

$$k_{\text{ТПВ}} = \frac{0.5 \times \rho \times \kappa_{y0} E_{d0}}{U_{\text{упв.макс}}} = \frac{0.5 \times 3.14 \times 0.5 \times 277}{10} = 21.74,$$

где $E_{d0} = \frac{U_{2Л}}{\sqrt{2} \times \kappa_{U2}} = \frac{205}{\sqrt{3} \times 0.428} = 277 \text{ В}$, - ЭДС холостого хода тиристорного

преобразователя цепи обмотки возбуждения.

Постоянная времени тиристорного преобразователя цепи возбуждения

$$T_{\text{ТПВ}} = T_{\text{мт}} = 0.00167 \text{ с.}$$

2.9 Силовой канал электропривода как объект управления

Структурная схема силового канала электропривода барабанных ножниц приведена на рисунке 9.

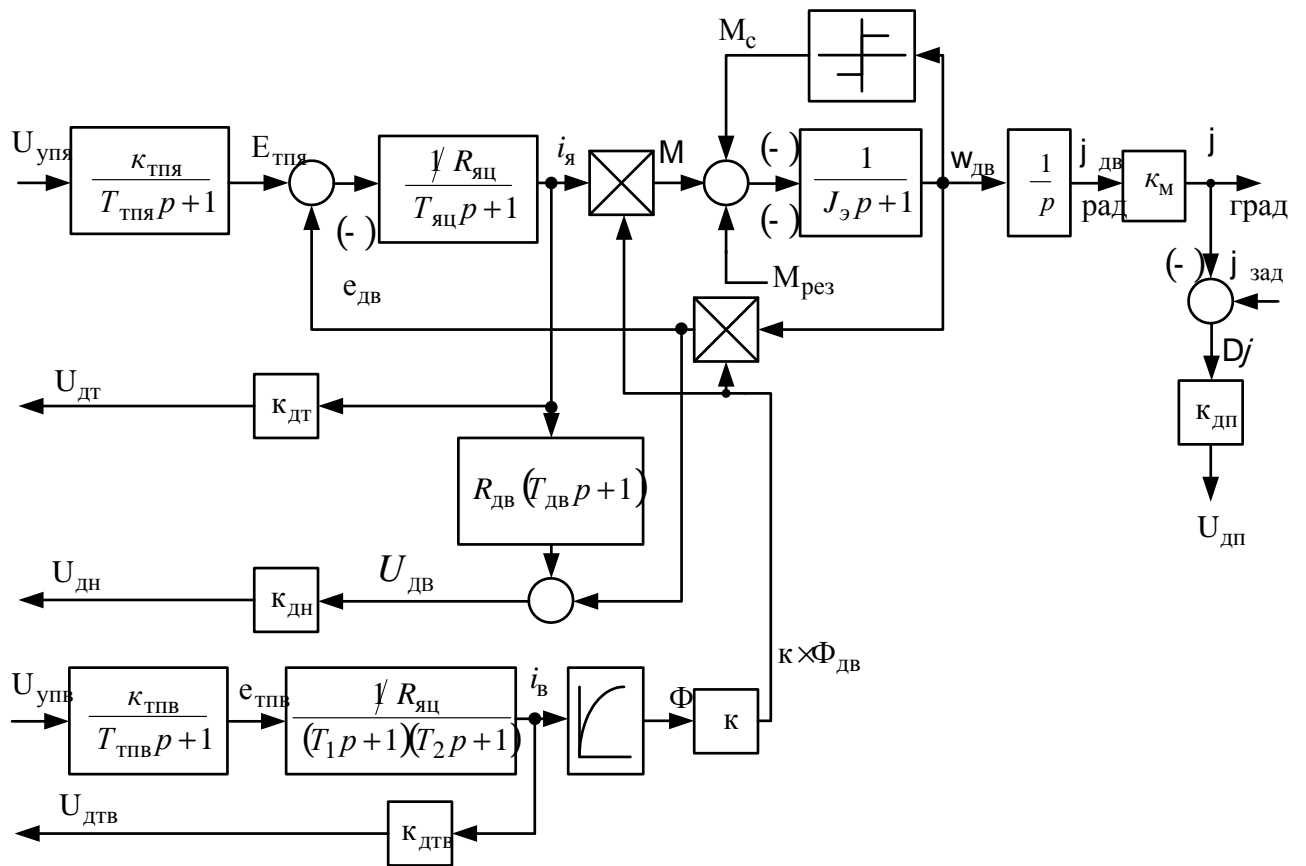


Рисунок 9 - Структурная схема силового канала электропривода

Параметры силового канала

Коэффициент передачи датчика тока якоря

$$\kappa_{дт\text{я}} = \frac{U_{дт.макс}}{I_{дн}} = \frac{10}{2500} = 0.004 \frac{\text{В}}{\text{А}}.$$

Коэффициент передачи датчика напряжения

$$\kappa_{дн} = \frac{U_{дн.макс}}{U_{вх}} = \frac{10}{1000} = 0.01, \text{ - где } U_{вх} = 1000 \text{ В.}$$

Коэффициент передачи датчика тока возбуждения

$$\kappa_{дтв} = \frac{U_{дт.макс}}{I_{днв}} = \frac{10}{100} = 0.1 \frac{\text{В}}{\text{А}}.$$

Характеристика датчика положения приведена на рисунке 10.

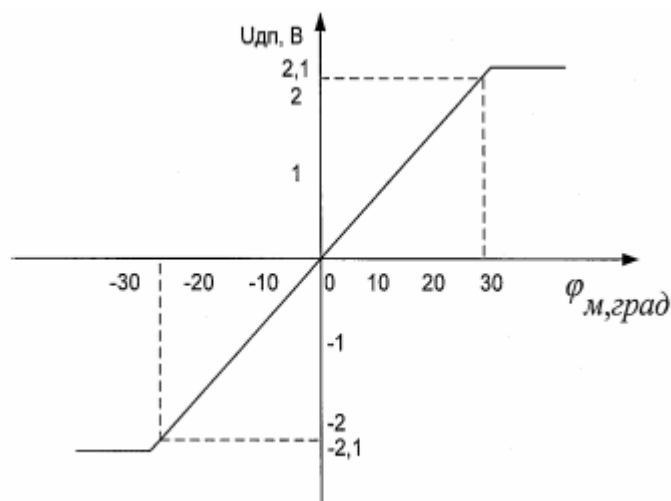


Рисунок 10 - Характеристика датчика положения

Параметры всех элементов силового канала сведем в таблицу 11.

Таблица 11 - Параметры элементов силового канала

$\kappa_{я}$	$R_{яц},$ Ом	$J_{э},$ кг·м ²	$T_{тп},$ с	$T_{яц},$ с	$T_{дв},$ с	$R_{дв},$ Ом	$\kappa_{дт\grave{а}},$ В/А
194.1	0.0401	1150	0.00167	0.03	0.0142	0,019	0,004

$\kappa_{дн}$	$\kappa_{дтв},$ В/А	$\kappa_{м}$	$\kappa_{тпв}$	$R_{цв},$ Ом	$T_1,$ с	$T_2,$ с	С	$\Phi_{дв},$ Вб
0.01	0,1563	15,43	21.74	2.52	4.87	0.0551	25,26	0,23

Расчет электромеханических характеристик реверсивного тиристорного преобразователя

Скорость вращения вала электродвигателя:

$$w = \frac{E_d - I_d \times R_{яц} - DU_{\epsilon}}{c},$$

где: $E_d = E_{d0} \times \cos(\alpha)$ – среднее значение выпрямленной ЭДС в режиме непрерывного тока;

α – угол включения тиристора, отсчитываемый от точки естественной коммутации;

DU_e – прямое падение напряжение на тиристоре.

Для получения соответствующей скорости вращения вала двигателя произведем ряд преобразований и получим выражение для нахождения угла управления в функции скорости:

$$a(\omega) = \arccos \frac{\omega \times c + I_d \times R_{яц} + DU_e}{E_{d0}}$$

Для построение электромеханических характеристик в зоне непрерывного тока воспользуемся итоговым выражением:

$$I(\omega) = \frac{E_{d0} \times \cos(a(\omega)) - I \times R_{яц} - DU_e}{c}$$

Характеристики имеют линейный характер. Однако в действительности в области малых нагрузок появляется зона прерывистых токов, она тем больше, чем больше угол α . Появление зоны прерывистого токов обусловлено тем, что в определенные промежутки времени мгновенное значение выпрямленного напряжения преобразователя становится меньше встречно действующей ЭДС двигателя, и, как следует из уравнения равновесия ЭДС становится отрицательной. Ток должен изменить направление на противоположное. Но поскольку вентили обладают односторонней проводимостью, ток становится равным нулю. При больших нагрузках несмотря на то, что в определенные промежутки времени мгновенное значение напряжения становится меньше ЭДС двигателя, ток не прерывается, является непрерывным. Объясняется это тем, что при больших нагрузках запас электромагнитной энергии в цепи выпрямленного тока значительный. Переходу от режима непрерывного тока к прерывистому соответствует режим начально-непрерывного тока, являющегося граничным. Величина граничного тока зависит от угла α и параметров схемы.

Проведем расчет и построение характеристик в зоне прерывистых токов. Для этого найдем угол открывания, измеренный от начала положительной полуволны синусоиды фазной ЭДС:

$$q_0(a) = \frac{180}{\rho} \times \frac{\omega}{c} a(\omega) + \frac{\omega \rho}{c^2} + \frac{\rho}{m_e} \frac{\ddot{\omega}}{\omega}$$

Значение ЭДС в относительных единицах в зависимости от угла управления α в зоне прерывистых токов:

$$e(a) = \frac{\sin \frac{\alpha}{\epsilon} (q_0(a) - q) \times \frac{\rho}{180} \frac{\ddot{\theta}}{\theta} - \sin \frac{\alpha}{\epsilon} (q_0(a) + l - q) \times \frac{\rho}{180} \frac{\ddot{\theta}}{\theta} e^{l \times \frac{\rho}{180} \cot \frac{\alpha}{\epsilon} \times \frac{\rho}{180} \frac{\ddot{\theta}}{\theta}}}{1 - e^{l \times \frac{\rho}{180} \cot \frac{\alpha}{\epsilon} \times \frac{\rho}{180} \frac{\ddot{\theta}}{\theta}}}$$

где угол $l = \frac{2 \times 180}{m_\epsilon} = 60$ град – угол проводимости тиристоров;

угол θ – угол отставания тока в якоре от напряжения. Он обусловлен присутствием в цепи якоря индуктивности $L_{яц}$. Угол θ найдем по выражению:

$$q = \arctan \frac{\omega_0 \times L_{яц} \frac{\ddot{\theta}}{\theta} \times 180}{\epsilon R_{яц} \rho}$$

Значение тока в относительных единицах в зоне прерывистых токов:

$$i(a) = \frac{m_\epsilon}{2 \times \rho \epsilon} \cos \frac{\alpha}{\epsilon} q_0(a) \times \frac{\rho}{180} \frac{\ddot{\theta}}{\theta} - \cos \frac{\alpha}{\epsilon} (l + q_0(a)) \times \frac{\rho}{180} \frac{\ddot{\theta}}{\theta} - l \times \frac{\rho}{180} \times e_{cp}(a) \frac{\ddot{\theta}}{\theta}$$

Характеристики режима прерывистого тока можно построить в абсолютных единицах $w = f(I)$ по следующим выражениям:

$$w(a) = e(a) \frac{\sqrt{2} \times U_n \times \cos \frac{\alpha}{\epsilon} q_0(a) \times \frac{\rho}{180} - \frac{\rho}{2} \frac{\ddot{\theta}}{\theta} \cdot DU_\epsilon}{c},$$

$$I(a) = i(a) \frac{\sqrt{2} \times U_n \times \cos \frac{\alpha}{\epsilon} q_0(a) \times \frac{\rho}{180} - \frac{\rho}{2} \frac{\ddot{\theta}}{\theta}}{R_{яц}}$$

Если в приведенных выражениях задавать угол открытия тиристоров α (в диапазоне $0 \dots 180$) и угол проводимости λ ($0 \dots 60$), то получим семейство электромеханических характеристик в зоне прерывистых токов. Электромеханические характеристики системы УВ-Д построены в программе MathCad и представлены на рис. 11:

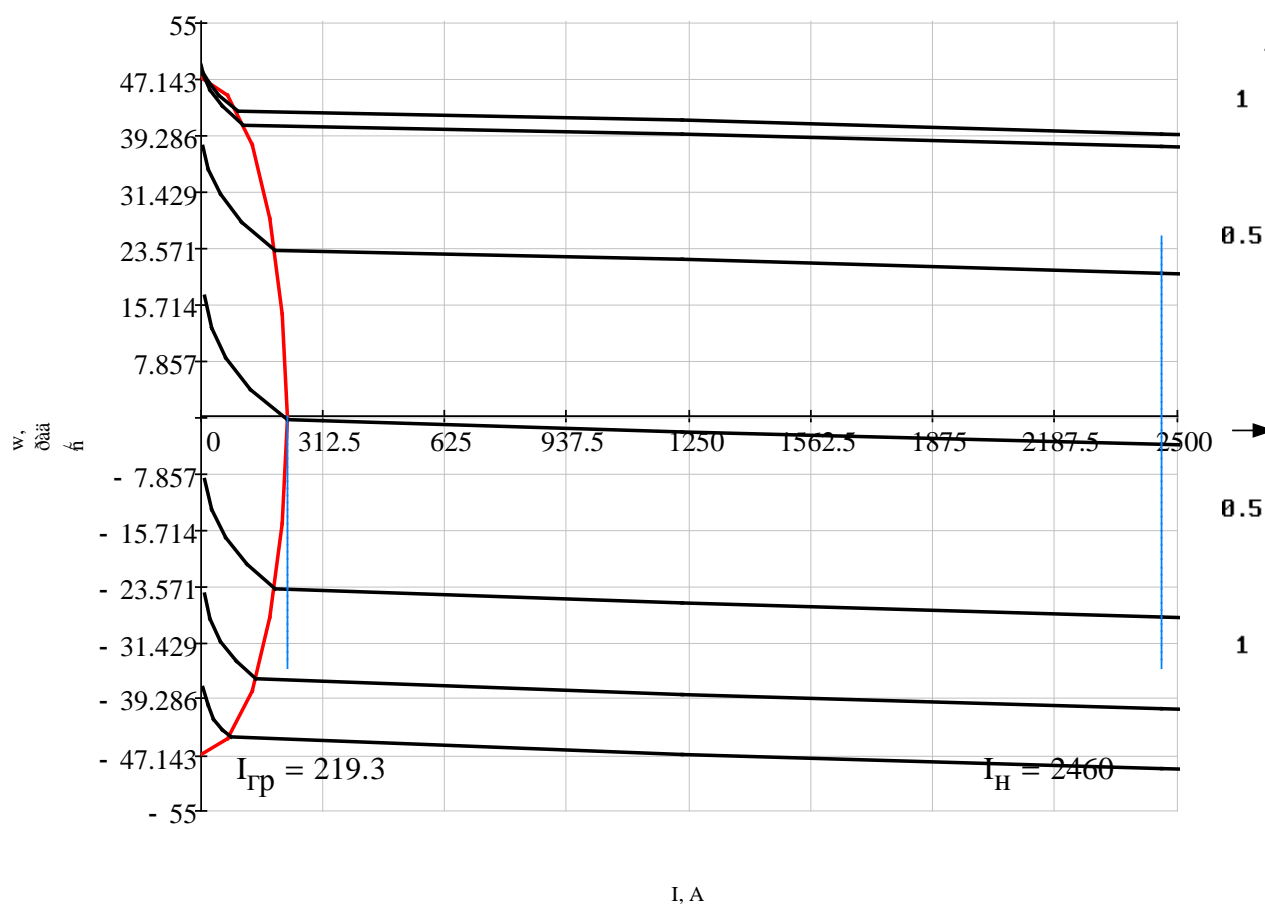


Рисунок 11 – Электромеханические характеристики системы УВ–Д с отдельным управлением

Для получения граничной характеристики можно воспользоваться выражениями для скорости и тока в зоне прерывистого тока, задавая угол $\lambda = 60$ град и меняя угол управления α .

3. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Линеаризованная САУ электропривода барабанных ножниц

В настоящее время широкое применение получил СЭП постоянного тока с тиристорным преобразователем, выполненный в общем случае по многоконтурной структурной схеме с последовательной коррекцией.

При создании современных систем автоматизированного электропривода применяют главным образом принцип последовательной коррекции или так называемого подчиненного регулирования.

Сущность принципа последовательной коррекции заключается в следующем. Объект управления - силовая часть электропривода - представляется в виде последовательно соединенных звеньев, выходными параметрами которых являются существенные координаты объекта, например, напряжение, ток, момент, ЭДС, скорость, положение, ток возбуждения.

Для управления каждой из этих координат организуется отдельный регулятор, образующий с соответствующими звеньями объекта и цепью обратной связи по регулируемой координате, замкнутый контур регулирования. Регуляторы соединяются последовательно, так что выход одного является входом другого, а замкнутые контуры регулирования образуют многоконтурную систему.

Выходной сигнал регулятора каждого внешнего контура является задающим для последующего, заключенного внутри его контура. Другими словами, каждый внутренний контур регулирования подчинен соответствующему внешнему.

Система автоматического регулирования должна быть представлена в виде структурной схемы. Структурная схема автоматизированного управления приведена на рисунке 24.

Линеаризованная структура следящего электропривода барабанных ножниц представляет собой трехконтурную систему подчиненного регулирования. Каждый контур содержит последовательно включенный регулятор, не более двух инерционных звеньев 1 -го порядка с большими постоянными времени T_1 и T_2 или одно интегрирующее звено с постоянной времени T_0 и ряд инерционных звеньев первого порядка с малыми постоянными времени T_m , включая в общем случае и внутренний оптимизированный контур.

Для получения структурной схемы линеаризованной системы необходимо сделать предположение, что кинематические цепи привода являются идеальными и все функциональные элементы схемы работают в зоне изменения параметров, не выходящих за пределы ограничений.

3.2 Оптимизация контура тока

Контур тока настраивается на модульный оптимум (МО) по методике синтеза, изложенной в [13] при коэффициенте оптимизации $a_T = 2$.

Структурная схема контура приведена на рисунке 11, где пунктирной линией показана неучтенная обратная связь по ЭДС двигателя. Оптимизацию контура тока осуществляем без учета обратной связи по ЭДС двигателя, что соответствует режиму работы с заторможенным двигателем.

Контур содержит два инерционных звена первого порядка с постоянными времени $T_{яц} = 0.03$ с и $T_{тп} = 0.00167$ с.

Соотношение $\frac{T_{яц}}{T_{тп}} = 17.9$ - значительно больше единицы, следовательно

принимаем:

- $T_{мт} = T_{тп} = 0.00167$ с - малая постоянная времени контура;
- $T_{яц} = 0.03$ с - большая постоянная контура, которую следует компенсировать.

Влияние ЭДС двигателя на работу контура тока оценивается отношением постоянных времени $\frac{T_M}{T_{яц}} = \frac{0.0726}{0.03} = 2.6$, в нашем случае это соотношение больше 2.5, значит влияние ЭДС будет слабое.

Для повышения быстродействия и улучшения других показателей качества в переходных режимах выбираем регулятор тока пропорционально-интегрального (ПИ) типа.

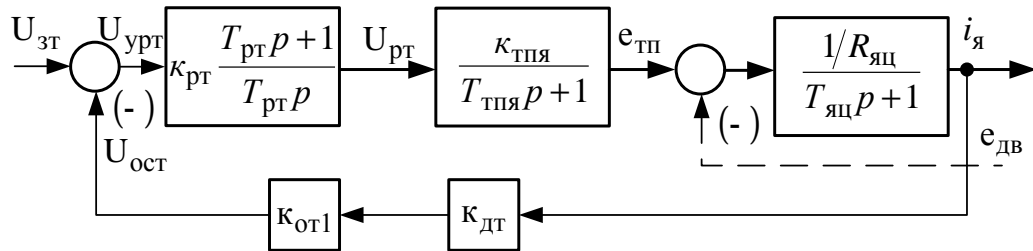


Рисунок 11 - Структурная схема контура тока в режиме заторможенного двигателя

Параметры регулятора тока и цепи обратной связи по току

Коэффициент обратной связи по току двигателя

$$k_T = \frac{U_{рТ.макс}}{I_{эп.макс}} = \frac{10}{5000} = 0.002 \frac{В}{А}.$$

Коэффициент передачи входной цепи обратной связи РТ

$$K_{от1} = \frac{k_T}{k_{дТ}} = \frac{0.002}{0.004} = 0.5 \frac{В}{А}, \text{ - где коэффициент датчика тока } k_{дТ} = 0.004.$$

Постоянная времени регулятора тока

$$T_{рТ} = T_{яц} = 0.03 \text{ с.}$$

Коэффициент усиления регулятора тока

$$k_{рТ} = \frac{T_{яц} \times R_{яц}}{k_{я} \times k_T \times a_T \times T_{\muТ}} = \frac{0.03 \times 0.0401}{194.1 \times 0.002 \times 2 \times 0.00167} = 0.927.$$

Передаточная функция замкнутого контура тока

$$W(p)_{\text{кт.з}} = \frac{1/\kappa_T}{a_T \times T_{\text{мт}}^2 \times p^2 + a_T \times T_{\text{мт}} \times p + 1} =$$

$$= \frac{1/0.002}{2 \times 0.00167^2 \times p^2 + 2 \times 0.00167 p + 1} = \frac{500}{0.0000056 p^2 + 0.00334 p + 1}.$$

Передаточная функция разомкнутого контура тока

$$W(p)_{\text{кт.р}} = \frac{1/\kappa_T}{a_T \times T_{\text{мт}}^2 \times p^2 + a_T \times T_{\text{мт}} \times p} = \frac{500}{0.0000056 p^2 + 0.00334 p}.$$

Ожидаемые показатели качества работы контура тока:

- перерегулирование $s = 4.3\%$;
- время первого согласования при обработке ступенчатого входного сигнала и время переходного процесса (окончательного вхождения в 5% зону)

$$t_{\text{py1}} = t_{\text{py2}} = 4.1 \times T_{\text{мт}} = 0.0069 \text{ с};$$

- полоса пропускания по модулю и фазе

$$w_{\Pi}^{(M)} = w_{\Pi}^{(\Phi)} = \frac{0.71}{T_{\text{мт}}} = 425.15 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \text{ или } f_{\Pi} = \frac{w_{\Pi}}{2\pi} = 67.7 \text{ Гц}.$$

3.3 Оптимизация контура ЭДС

Электроприводы с обратной связью по ЭДС реализуются по двум структурным схемам, отличающимся способом суммирования входных сигналов, пропорциональных току и падению напряжения в якорной цепи двигателя для измерения ЭДС согласно [6].

Суммирование сигналов (рисунок 12) производится непосредственно на входе датчика ЭДС, на вход которого подается две обратные связи: отрицательная обратная связь по току и по напряжению якорной цепи.

Требования к электроприводу барабанных ножниц допускают выбор регулятора ЭДС пропорционального типа (П) типа. Структурная схема контура ЭДС приведена на рисунке 12.

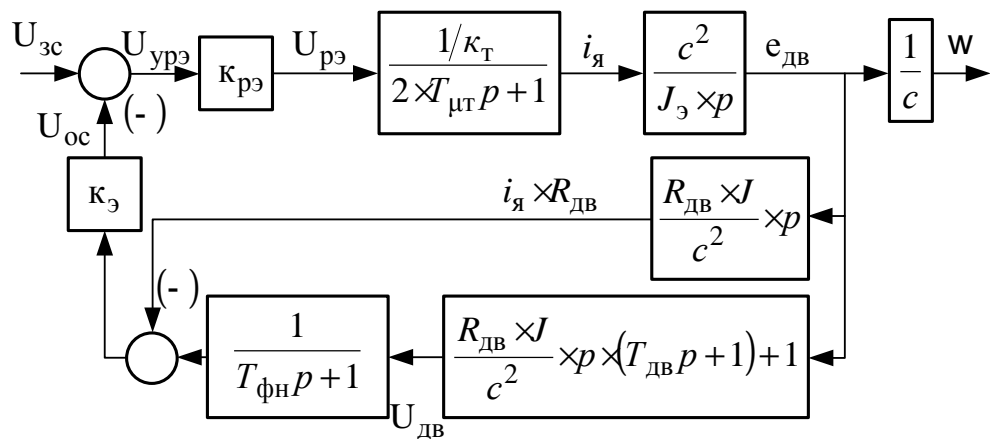


Рисунок 12 - Структурная схема контура ЭДС

Контур ЭДС настраивается на модульный оптимум по методике синтеза, изложенной в [13] при коэффициенте оптимизации $a_3 = 2$.

Исходя из принципов измерения ЭДС постоянная фильтра должна быть равна электромагнитной постоянной времени $T_{дв}$ участка якорной цепи, с которого снимается обратная связь, т.е. должно быть выполнено условие $T_{дв} = T_{ф.н}$.

Параметры регулятора ЭДС и цепи обратной связи по ЭДС

Коэффициент обратной связи по ЭДС двигателя

$$\kappa_э = \frac{U_{эр.макс}}{E_{дв.макс}} = \frac{10}{832.82} = 0.012 \text{ В},$$

где $E_{дв.макс} = c \times w = 25.26 \times 32.97 = 832.82 \text{ В}$ - максимальное значение ЭДС двигателя.

Коэффициент обратной связи по ЭДС

$$\kappa_{оэ} = \frac{\kappa_э}{\kappa_{дн}} = \frac{0.012}{0.01} = 1.2.$$

Коэффициент обратной связи по току для формирования ЭДС

$$\kappa_{от2} = R_{дв} \times \frac{\kappa_{дн}}{\kappa_{дт}} = 2 \times 0.0095 \times \frac{0.01}{0.004} = 0.047.$$

Коэффициент усиления регулятора ЭДС

$$\kappa_{pэ} = \frac{J_{э} \times \kappa_T}{\kappa_{э} \times c^2 \times T_{оэ}} = \frac{1150 \times 0.002}{0.012 \times 25.26^2 \times 0.0543} = 5.53,$$

$$\begin{aligned} T_{мэ} &= T_{мт} + \frac{1}{2} \times \sqrt{(2 \times T_{мт} + T_{дв})^2 + T_{дв}^2} = \\ \text{где} \quad &= 0.00167 + \frac{1}{2} \times \sqrt{(2 \times 0.00167 + 0.0142)^2 + 0.0142^2} = 0.01295 \text{ с;} \end{aligned}$$

$$T_{оэ} = 2 \times (T_{мэ} + T_{дв}) = 2 \times (0.01295 + 0.0142) = 0.0543 \text{ с.}$$

Передаточная функция замкнутого контура ЭДС

$$W(p)_{кэ.з} = \frac{1/\kappa_{э} \times c}{a_{э} \times T_{мэ}^2 \times p^2 + a_{э} \times T_{мэ} \times p + 1} = \frac{3.299}{0.000335 p^2 + 0.0259 p + 1}.$$

Передаточная функция разомкнутого контура ЭДС

$$W(p)_{кэ.р} = \frac{1}{a_{э} \times T_{мэ}^2 \times p^2 + a_{э} \times T_{мэ} \times p} = \frac{1}{0.000335 p^2 + 0.0259 p}.$$

В программе Matlab были построены ЛАЧХ и ФЧХ замкнутого контура ЭДС:

- перерегулирование $s = 4.3\%$;

- время первого согласования при обработке ступенчатого входного сигнала и время переходного процесса (окончательного вхождения в 5% зону)

$$t_{py1} = t_{py2} = 4.1 \times T_{мэ} = 4.1 \times 0.01295 = 0.053 \text{ с;}$$

- полоса пропускания по модулю и фазе

$$w_{п}^{(\phi)} = w_{п}^{(M)} = \frac{1}{\sqrt{2} \times T_{мэ}} = \frac{1}{\sqrt{2} \times 0.01295} = 54.6 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \text{ или}$$

$$f_{п}^{(\phi)} = f_{п}^{(M)} = \frac{w_{п}}{2\pi} = \frac{54.6}{2\pi} = 7.98 \text{ Гц.}$$

- установившееся значение провала или всплеска угловой скорости привода при набросе или сбросе нагрузки $DM_c = M_{дв.н} = 60842 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Эта

ошибка определяется статизмом регулятора.

Поскольку $\frac{T_{\mu\varepsilon}}{2 \times T_{\mu\tau}} \ll 1$, то это значит контур замкнутый по ЭДС, оказывается менее быстродействующий, чем при обратной связи по скорости.

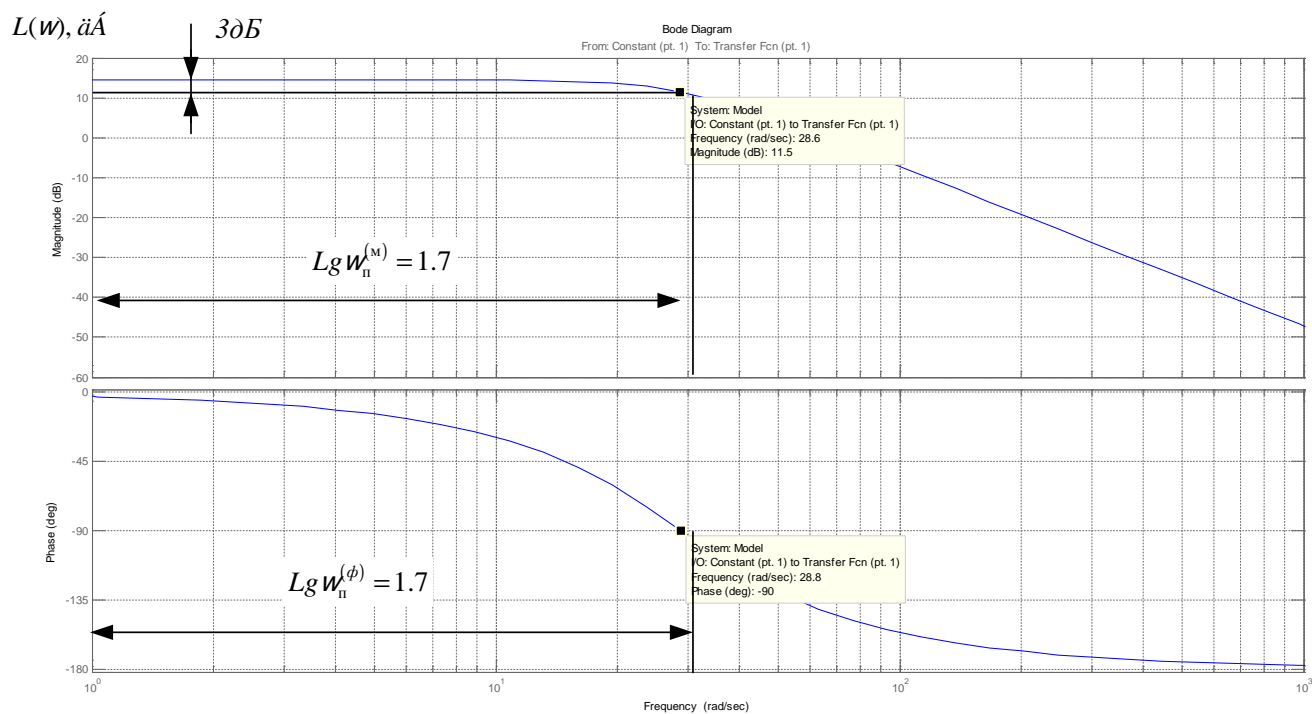


Рисунок 13 – ЛЧХ замкнутого контура ЭДС

3.4 Оптимизация контура положения

Контур положения настраивается на модульный оптимум по методике синтеза, изложенной в [13] с коэффициентом оптимизации $a_{\Pi} = 2$.

Регулятор положения выбираем пропорционального (П) типа. Структурная схема контура положения приведена на рисунке 14.

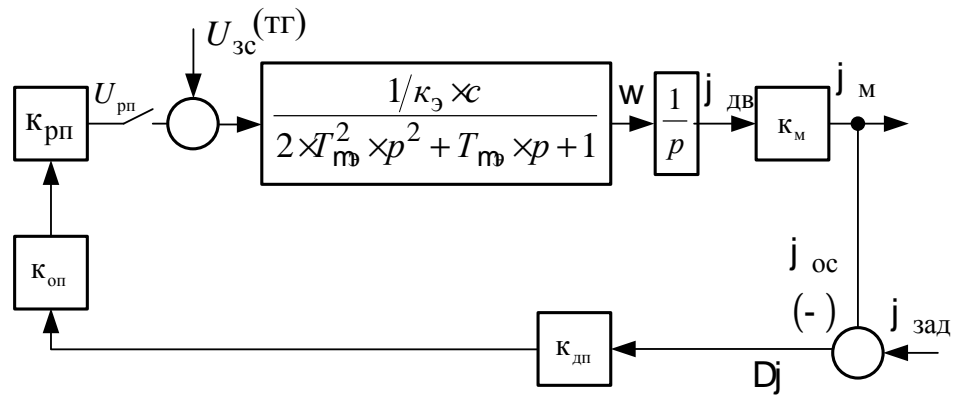


Рисунок 14 - Структурная схема контура положения

Параметры регулятора положения и цепи обратной связи

Коэффициент передачи датчика положения определяем по характеристике сельсина-приемника (СП) приведенной на рисунке 10, где

- $U_{СП} = \pm 2.1$ В - размах напряжения СП;

- $j_{М} = \pm 28$ град - изменение угла регулирования СП.

Коэффициент передачи датчика положения

$$\kappa_{П} = \frac{U_{СП}}{j_{М}} = \frac{2.1}{28} = 0.075 \frac{\text{В}}{\text{град}}$$

Коэффициент усиления регулятора положения

$$\kappa_{рп} = \frac{c \times \kappa_{э}}{\kappa_{М} \times \kappa_{П} \times a_{П} \times T_{оэ}} = \frac{25.26 \times 0.012}{15.43 \times 0.075 \times 2 \times 0.0543} = 5.086.$$

Передаточная функция замкнутого контура положения [13].

$$W(p)_{кп.з} = \frac{1/\kappa_{П}}{a_{П} \times a_{э}^2 \times T_{мэ}^3 \times p^3 + a_{П} \times a_{э}^2 \times T_{мэ}^2 \times p^2 + a_{П} \times a_{э} \times T_{мэ} \times p + 1} =$$

$$= \frac{13.33}{0.000017 p^3 + 0.0013 p^2 + 0.0518 p + 1}.$$

Передаточная функция разомкнутого контура положения

$$W(p)_{\text{кп.3}} = \frac{1}{a_{\Pi} \times a_{\Sigma}^2 \times T_{\mu\Sigma}^3 \times p^3 + a_{\Pi} \times a_{\Sigma}^2 \times T_{\mu\Sigma}^2 \times p^2 + a_{\Pi} \times a_{\Sigma} \times T_{\mu\Sigma} \times p} =$$

$$= \frac{13.33}{0.000017p^3 + 0.0013p^2 + 0.0518p}.$$

В программе Matlab были построены ЛАЧХ и ФЧХ замкнутого положения:

- перерегулирование $\sigma = 4.3\%$;
- время первого согласования при обработке ступенчатого входного сигнала

$$t_{\text{py1}} = 13.6 \times T_{\text{оэ}} = 13.6 \times 0.0543 = 0.738 \text{ с};$$

- время переходного процесса (окончательного вхождения в 5% зону)

$$t_{\text{py2}} = 20.3 \times T_{\text{оэ}} = 20.3 \times 0.0543 = 1.1 \text{ с};$$

- полоса пропускания по модулю

$$w_{\Pi}^{(M)} = \frac{0.284}{T_{\text{оэ}}} = \frac{1}{0.0543} = 5.23 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

- полоса пропускания по фазе

$$w_{\Pi}^{(\Phi)} = \frac{0.18}{T_{\text{оэ}}} = \frac{1}{0.0543} = 3.315 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

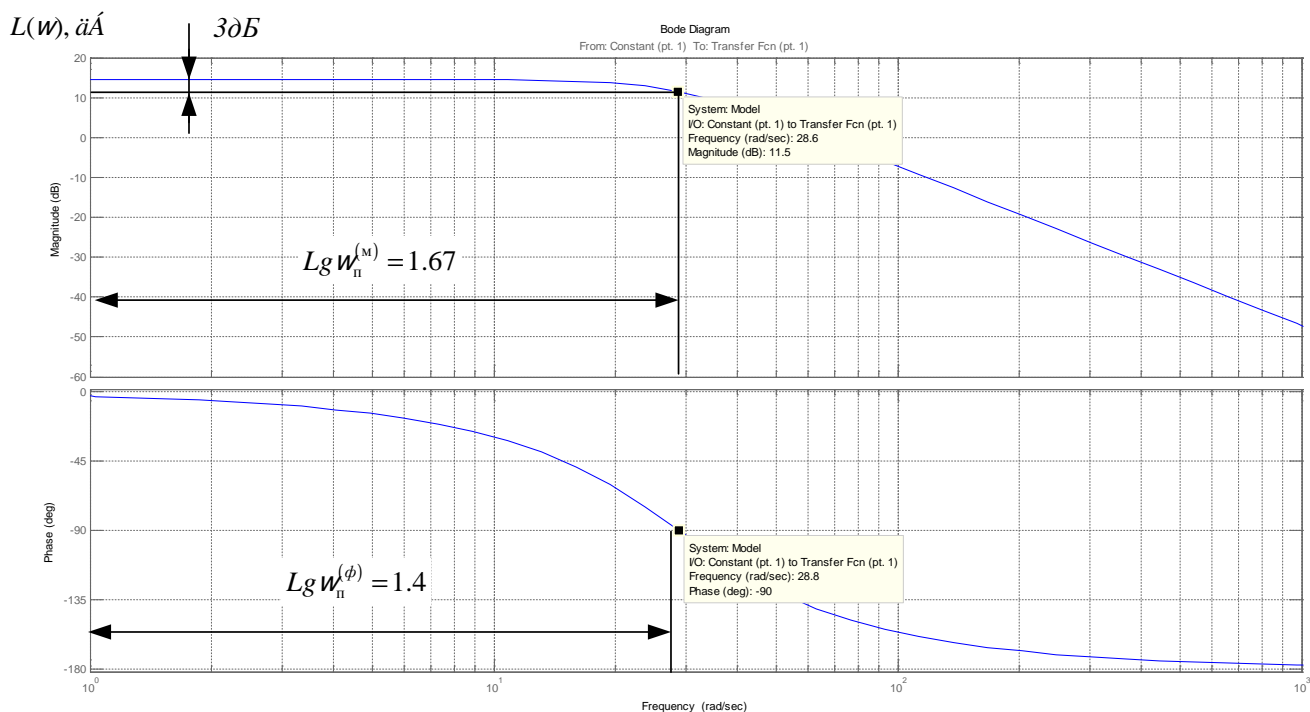


Рисунок 15 – ЛЧХ замкнутого контура положения

3.5 Оптимизация контура тока возбуждения

Структурная схема контура возбуждения приведена на рисунке 18 и включает в себя регулятор возбуждения, тиристорный преобразователь цепи возбуждения, обмотку возбуждения двигателя, отрицательную обратную связь по току возбуждения.

Контур содержит три инерционных звена первого порядка (апериодических), причем имеет место следующее соотношение постоянных времени $T_1 \gg (T_{\text{ТПВ}} + T_2)$.

Поэтому за малую постоянную времени примем

$T_{\mu\Gamma T} = (T_{\Gamma\Pi B} + T_2) = 0.0567\text{c}$, а $T_1 = 4.87\text{c}$ - будем считать большой постоянной времени контура, которую необходимо компенсировать.

Настройка контура произведена на МО, регулятор тока возбуждения пропорционально-интегрального (ПИ) типа.

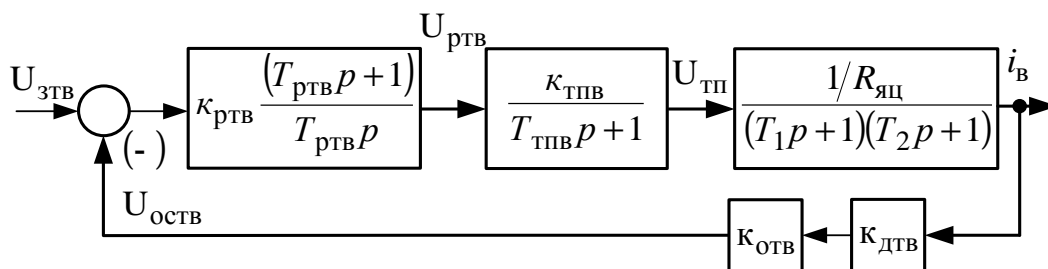


Рисунок 18 - Структурная схема контура возбуждения

Параметры регулятора тока возбуждения и цепи обратной связи

Коэффициент обратной связи по току возбуждения

$$K_{\Gamma B} = \frac{U_{\text{зТВ.макс}}}{I_{\text{в.н}}} = \frac{10}{32} = 0.3125 \frac{\text{В}}{\text{А}}.$$

Коэффициент датчика тока возбуждения

$$K_{\text{дтв}} = \frac{U_y}{U_{\text{дт}}} = \frac{10}{100} = 0.1.$$

Коэффициент передачи входной цепи обратной связи РТВ

$$K_{\text{отв}} = \frac{K_{\Gamma B}}{K_{\text{дтв}}} = \frac{0.3125}{0.1} = 3.125 \frac{\text{В}}{\text{А}}.$$

Коэффициент регулятора тока возбуждения

$$K_{\text{рТВ}} = \frac{T_1 \times R_{\text{ц.в}}}{K_{\text{тпв}} \times K_{\Gamma B} \times a_{\Gamma B} \times T_{\mu\Gamma T}} = \frac{4.87 \times 2.52}{21.74 \times 0.3125 \times 2 \times 0.0567} = 15.92,$$

где $T_{\mu\Gamma T} = T_{\Gamma\Pi B} + T_2 = 0.00167 + 0.0551 = 0.0567\text{c}$.

Постоянная времени регулятора тока возбуждения

$$T_{\text{рТВ}} = T_1 = 4.87\text{c}.$$

Передаточная функция замкнутого контура тока возбуждения

$$W(p)_{\text{ТВ.3}} = \frac{1/k_{\text{ТВ}}}{a_{\text{ТВ}} \times T_{\text{МТТ}}^2 \times p^2 + a_{\text{ТВ}} \times T_{\text{МТТ}} \times p + 1} =$$

$$= \frac{1/0.3125}{2 \times 0.0567^2 \times p^2 + 2 \times 0.0567 p + 1} = \frac{6.398}{0.00642 p^2 + 0.1134 p + 1}.$$

Передаточная функция разомкнутого контура тока возбуждения

$$W(p)_{\text{ТВ.р}} = \frac{1}{a_{\text{ТВ}} \times T_{\text{МТТ}}^2 \times p^2 + a_{\text{ТВ}} \times T_{\text{МТТ}} \times p} =$$

$$= \frac{1}{2 \times 0.0567^2 \times p^2 + 2 \times 0.0567 p} = \frac{1}{0.00642 p^2 + 0.1134 p}.$$

Ожидаемые показатели качества работы контура возбуждения:

- перерегулирование $s = 4.3\%$;

- время первого согласования при обработке ступенчатого входного сигнала и время переходного процесса (окончательного вхождения в 5% зону)

$$t_{\text{py1}} = t_{\text{py2}} = 4.1 \times T_{\text{МТТ}} = 4.1 \times 0.0567 = 0.232 \text{ с};$$

- полоса пропускания по модулю и фазе

$$w_{\Pi}^{(\Phi)} = w_{\Pi}^{(M)} = \frac{0.71}{T_{\text{МТВ}}} = \frac{0.71}{0.0567} = 15.52 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$f_{\Pi}^{(\Phi)} = f_{\Pi}^{(M)} = \frac{w_{\Pi}}{2p} = \frac{15.52}{2 \times 3.14} = 2.47 \text{ Гц}.$$

- ошибка обработки заданного значения тока возбуждения $DI_{\text{в}} = 0$.

3.6 Статические электромеханические характеристики замкнутой САУ электропривода барабанных ножниц

Уравнение статической электромеханической характеристики замкнутой системы получим, составив систему уравнений описывающих работу электропривода в статике в режиме стабилизации скорости и тока.

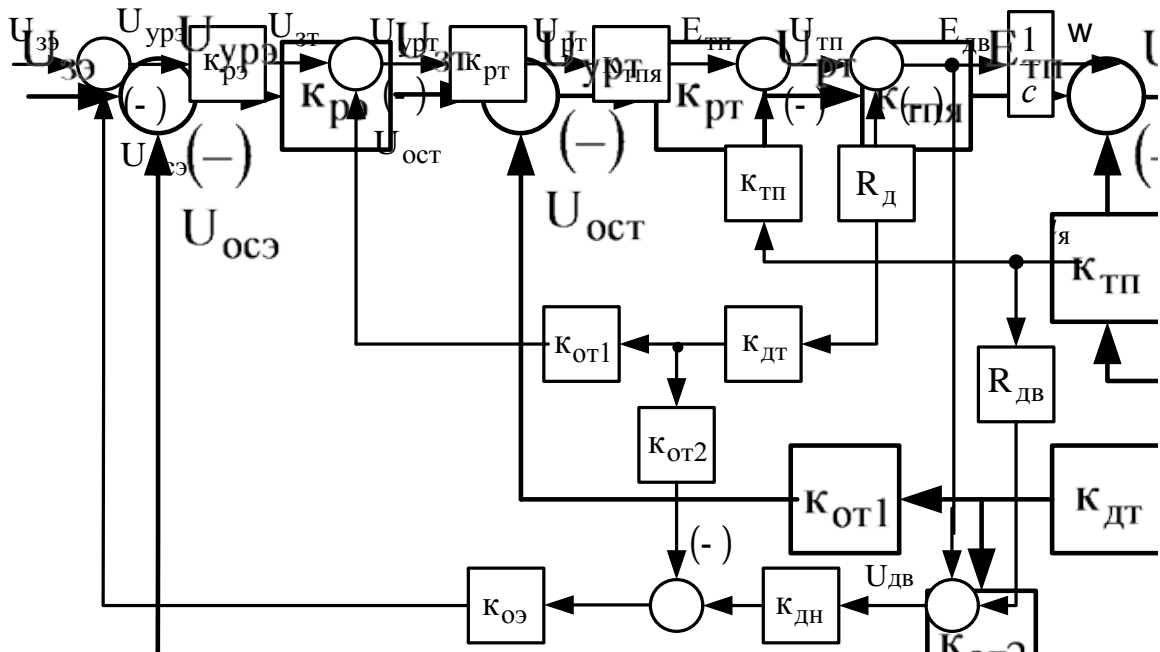


Рисунок 16 - Структурная схема привода барабанных ножниц в статике в режиме стабилизации скорости

Система уравнений, составленная на основе данной структурной схемы.

$$U_{урэ} = U_{зэ} - U_{ос.э};$$

$$U_{ос.э} = K_{оэ} \times E_{дв};$$

$$E_{дв} = U_{дв} - I \times K_{дт} \times K_{от2};$$

$$U_{дн} = K_{дн} \times U_{дв};$$

$$U_{дв} = E - I_{дв} \times R_{дв};$$

$$U_{зт} = K_{рэ} \times U_{урэ};$$

$$U_{урт} = U_{зт} - U_{ос.т};$$

$$U_{ос.т} = K_{от1} \times K_{дт} \times I;$$

$$U_{рт} = K_{рт} \times U_{урт};$$

$$E_{тп} = K_{тп} \times U_{рт};$$

$$U_{тп} = E_{тп} - I \times R_{тп};$$

$$U_{дв} = U_{тп};$$

$$U_{дв} = E_{дв} + I \times R_{дв}, \quad E_{дв} = c \times \omega.$$

Решив систему уравнений относительно угловой скорости ω , получим уравнение статической электромеханической характеристики замкнутой системы.

$$\omega(I) = U_3 \times \frac{k_{mn} \times k_{pm} \times k_{pe}}{c \times (1 + k_{mn} \times k_{pm} \times k_{pe} \times k_{oe} \times k_{dn})} - I \times \frac{k_{mn} \times k_{pm} \times k_{pe} \times k_{oe} \times (k_{dn} \times R_{dv} + k_{dm} \times k_{ot2}) + R_{яц} \times k_{mn} \times k_{oml} \times k_{dm} \times k_{pm}}{c \times (1 + k_{mn} \times k_{pm} \times k_{pe} \times k_{oe} \times k_{dn})}$$

В этом выражении все константы определены в таблице 11, переменными являются ток I и напряжение задания U_3 . Коэффициент усиления ПИ регулятора тока в статике стремится к бесконечности и принят равными коэффициенту усиления применяемых операционных усилителей и составляет величину порядка 30000. Подставляя численные значения в уравнение получим

$$\omega(I) = 3.2972 \times U_3 - 1.544 \times 10^{-3} \times I$$

Таблица 12 - Верхняя электромеханическая характеристика электропривода при напряжении задания 10 В

I, A	0	2460
$\omega, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	32,99	32.97

Таблица 13 - Нижняя электромеханическая характеристика электропривода при напряжении задания 1 В

I, A	0	2460
$\omega, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	3,299	3.297

Электромеханические характеристики приведены на рисунке 20.

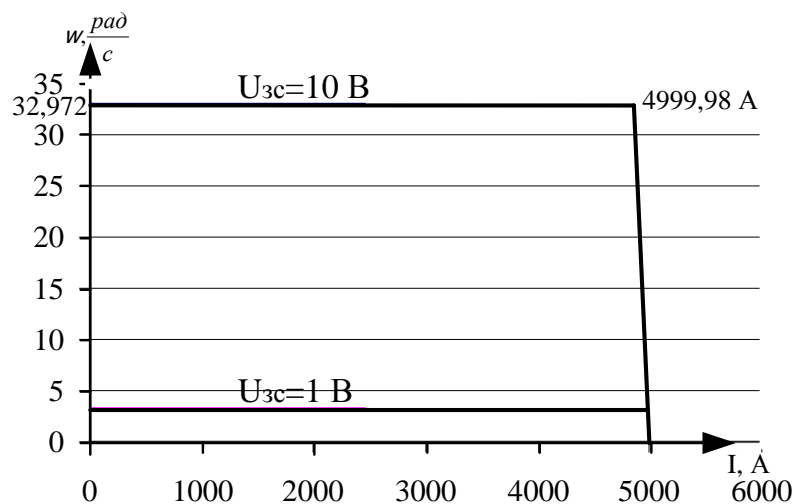


Рисунок 17 - Статические электромеханические характеристики замкнутой системы электропривода барабанных ножниц

Структурная схема привода барабанных ножниц в статике в режиме стабилизации тока приведена на рисунке 21.

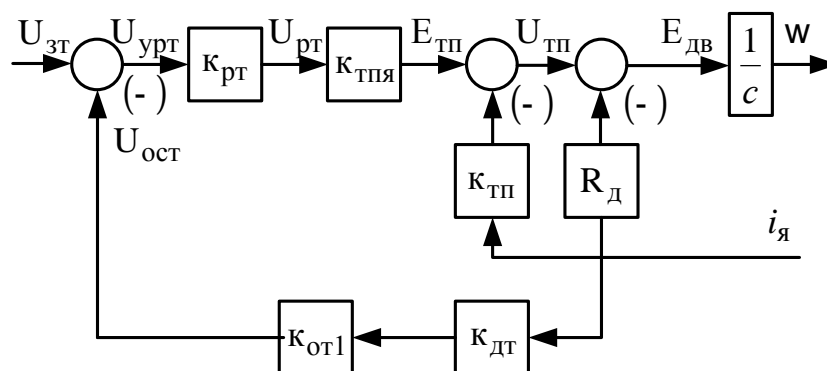


Рисунок 18 - Структурная схема привода барабанных ножниц в статике в режиме стабилизации тока

Система уравнений составленная на основе структурной схемы (рис. 21).

$$U_{урт} = U_{зт} - U_{ос.г};$$

$$U_{ос.г} = \kappa_{от1} \times \kappa_{дт} \times I;$$

$$U_{рг} = \kappa_{рг} \times U_{урт};$$

$$E_{ТП} = \kappa_{ТП} \times U_{рг};$$

$$U_{ТП} = E_{ТП} - I \times R_{ТП};$$

$$U_{д} = U_{тп};$$

$$U_{д} = E_{д} + I \times R_{дв}, \quad E_{дв} = c \times w.$$

Решив систему уравнений относительно тока I , получим уравнение статической электромеханической характеристики замкнутой системы в режиме стабилизации тока

$$I_{кз} = \left(\frac{\kappa_{тп} \times \kappa_{рп} \times U_{зт}}{R_{яц} + \kappa_{тп} \times \kappa_{рп} \times \kappa_{от1} \times \kappa_{дт}} \right) = \frac{194.1 \times 30000 \times 10}{(0.0401 + 194.1 \times 30000 \times 0.004)} = 4999.98 \text{ А.}$$

Для оценки точности регулирования скорости определим статизм построенных характеристик

$$s = \frac{w_0 - w_1}{w_0} \times 100\% = \frac{32.99 - 32.97}{32.99} \times 100\% = 0.06\%,$$

где w_0 - скорость идеального холостого хода, w_n - номинальная скорость двигателя.

Эти значения точности регулирования скорости удовлетворяют техническим требованиям.

3.7 Настройка САУ электропривода на имитационной модели

Для обеспечения работоспособности контура ЭДС с учётом пульсации выпрямленного напряжения преобразователя в цепи обратной связи по ЭДС двигателя установлен сглаживающий фильтр с постоянной времени $\Phi_{фн} = T_{дв} = 0.0142 \text{ с.}$

Для оптимизации переходных процессов в электроприводе при отработке управляющих воздействий экспериментально подобран коэффициент усиления регулятора положения $\kappa_{рп} = 1.5$.

Расчётные и экспериментальные (отмеченные*) параметры звеньев структурной схемы электропривода приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Параметры САУ электропривода барабанных ножниц

$\kappa_{\text{я}}$	$\kappa_{\text{дт\ddot{a}}}$, В/А	$\kappa_{\text{от1}}$	$\kappa_{\text{рт}}$	$T_{\text{рт}}$, с	$\kappa_{\text{э}}$	$\kappa_{\text{р\ddot{э}}}$	$\kappa_{\text{дн}}$
194.1	0.004	0.5	0.927	0.03	0,012	5,53	0.01
$\kappa_{\text{от2}}$	$T_{\text{о\ddot{э}}}$, с	$\kappa_{\text{о\ddot{э}}}$	$\kappa_{\text{рп}}^*$	$\kappa_{\text{оп}}$	$\kappa_{\text{дп}}$	$\kappa_{\text{ртв}}$	$T_{\text{ртв}}$, с
0.047	0,0543	1,2	5.086	0,075	0.004	15.92	4.87
$T_{\text{ф}}$, с	$U_{\text{зс}}$, В	$U_{\text{рт.макс}}$ В	$U_{\text{р\ddot{э}.макс}}$, В	$U_{\text{рп.макс}}$, В	$\kappa_{\text{я}}$	$R_{\text{яц}}$, Ом	$J_{\text{э}}$, кг·м ²
0.03	10	+10	+10	+10	194.1	0.0401	1150
$R_{\text{дв}}$, Ом	$T_{\text{дв}}$, с	$T_{\text{яц}}$, с	$T_{\text{тп}}$, с	$\kappa_{\text{дт\ddot{a}}}$, В/А	С	$\Phi_{\text{дв}}$, Вб	$\kappa_{\text{м}}$
0.019	0.0142	0.03	0.00167	0.002	25.26	0.23	15.43
$\kappa_{\text{дн}}$	$\kappa_{\text{дтв}}$	$\kappa_{\text{тпв}}$	$R_{\text{цв}}$, Ом	T_1 , с	T_2 , с	$E_{\text{тп\ddot{я}.м}}$, В	$M_{\text{с}}$ Н·м
0.01	0.1	21.74	2.52	4.87	0.0551	1294	60822

3.8 Анализ нелинейной САУ электропривода

Структурная схема нелинейной САУ электропривода

На основании структурной схемы линеаризованной системы автоматизированного управления электропривода приведенной на рисунке 19, составлена структурная схема нелинейной САУ электропривода, которая представлена на рисунке 20.

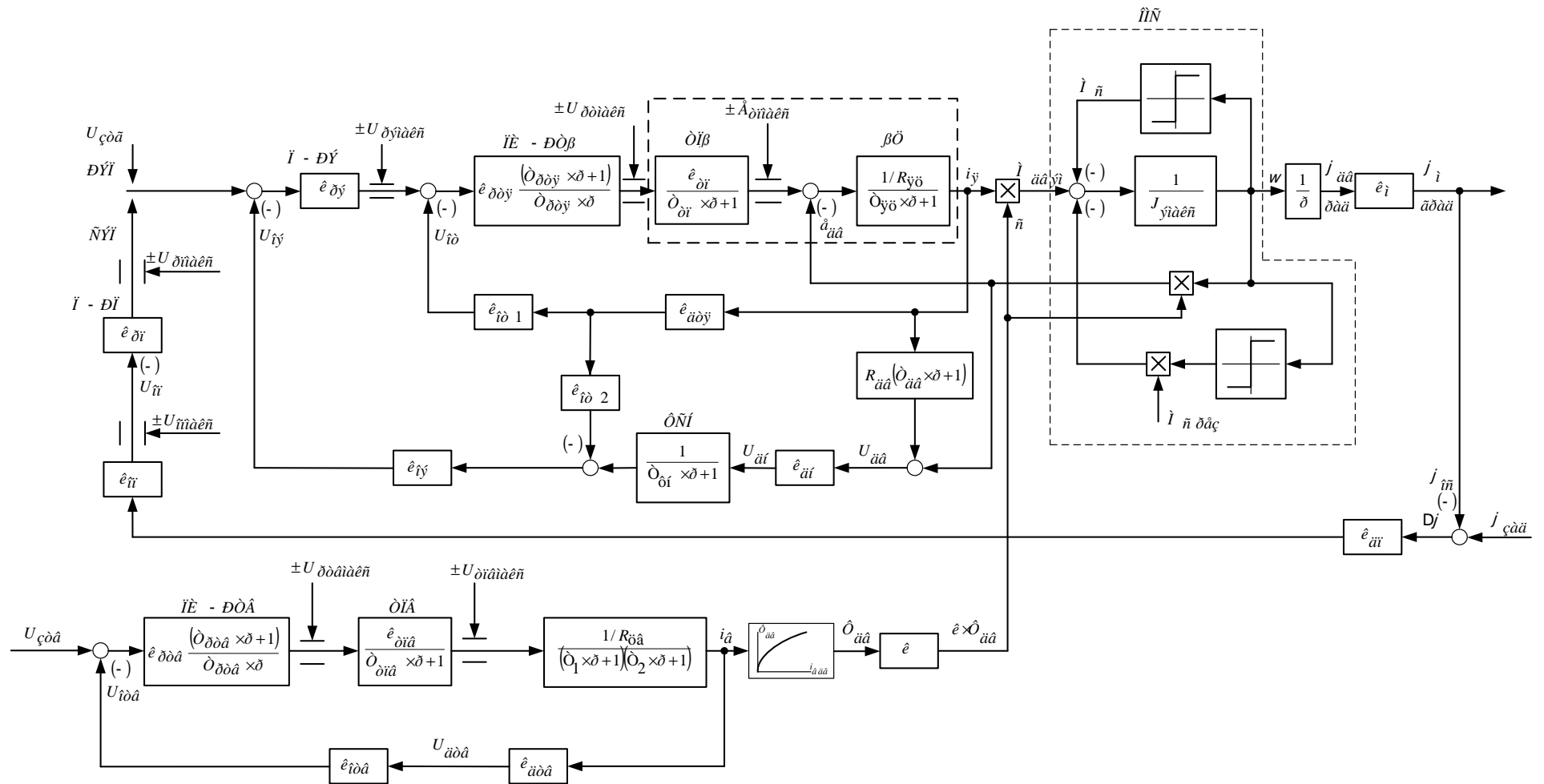


Рисунок 19 – Структурная схема САУ электропривода барабанных ножниц

САУ электропривода ножниц характеризуется следующими нелинейностями элементов:

- насыщение регулятора ЭДС $U_{рэ.макс} = 10В$;
- насыщение регулятора тока $U_{рт.макс} = 10В$;
- насыщение регулятора положения $U_{рп.макс} = 10В$;
- характеристику устройства токоограничения, реализованного путем ограничения выходного напряжения регулятора ЭДС $U_{рэ} \leq U_{рэ.доп}$, где $U_{рэ.доп} = \kappa_T \times I_{дв.макс} = 0.002 \times 5000 = 10В$
- реактивный характер нагрузки $M_c(\omega) = M_c \times \sin \omega$, где $M_c = M_{с.дв} + M_{с.нагр} = 10601.7, 62300.4Н \times м$;
- $M_{с.нагр} = (0.15, 1)M_{дв.ном} = 9123.3, 60822Н \times м$ - момент нагрузки,

По структурной схеме нелинейной САУ СЭП (см. рисунок 19) набирается имитационная модель в среде Matlab, представленная на рисунке 20.

. Программа воспроизводится методом имитационного численного моделирования переходных процессов в аналоговых нелинейных системах регулируемого электропривода при типовых задающих и возмущающих воздействиях. Она позволяет в широких пределах варьировать структуру и значения параметров элементов САУ, выводить результаты расчетов в виде графиков, по которым определяются динамические качества.

Переходные процессы нелинейной САУ РЭП преобразователь непрерывный представлены на рисунках 21-25.

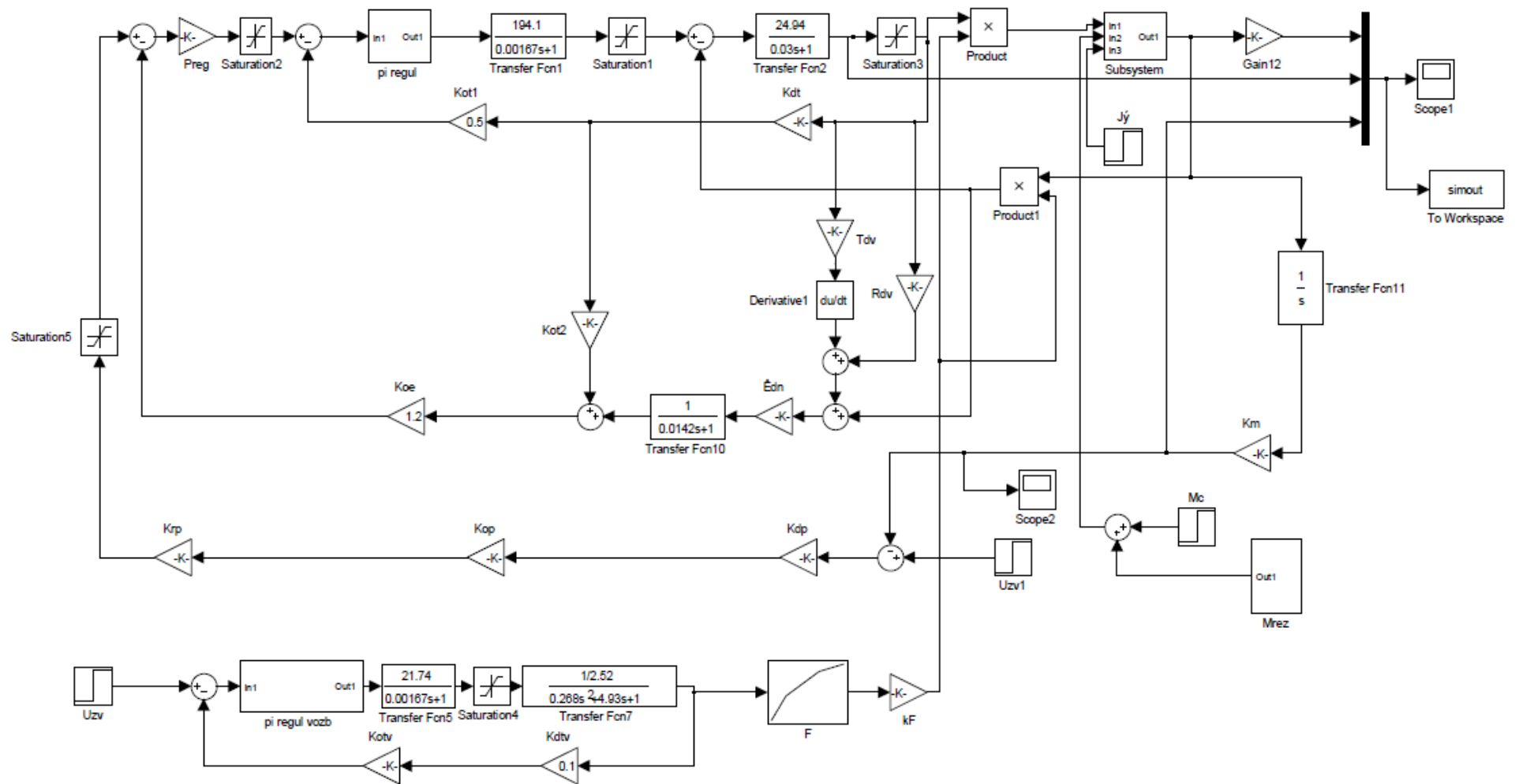


Рисунок 20 – Имитационная модель САУ электропривода барабанных ножниц.

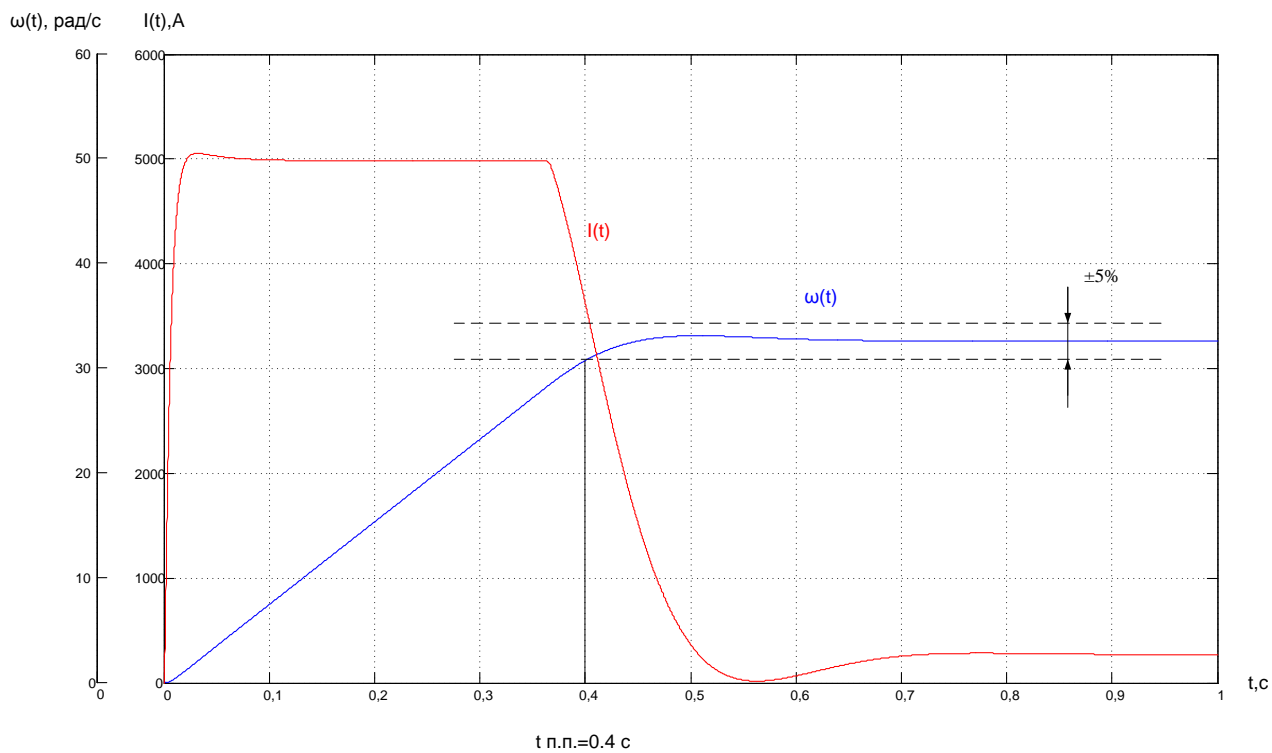


Рисунок 21. – Пуск с нагрузкой холостого хода $M_c = 6831 \text{ Н}\cdot\text{м}$ при $U_{3c} = 10 \text{ В}$.

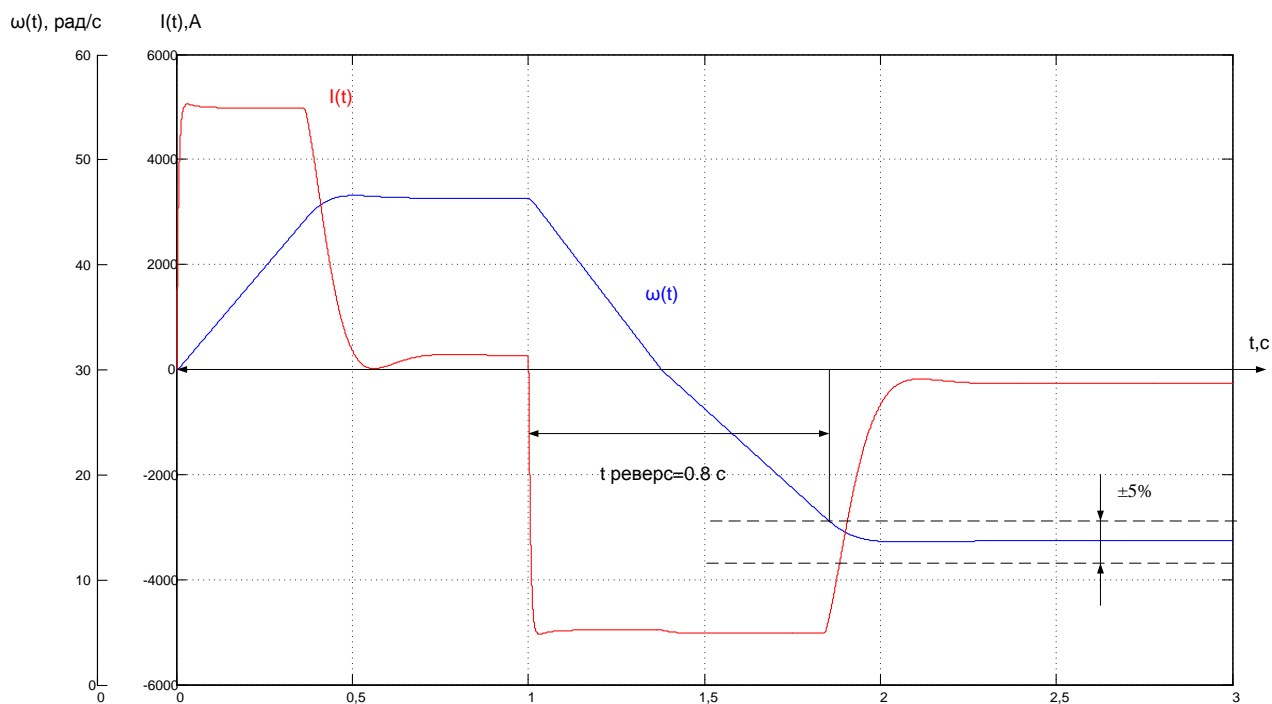


Рисунок 22. – Пуск и реверс нагрузкой холостого хода $M_c = 6831 \text{ Н}\cdot\text{м}$ при $U_{3c} = 10 \text{ В}$.

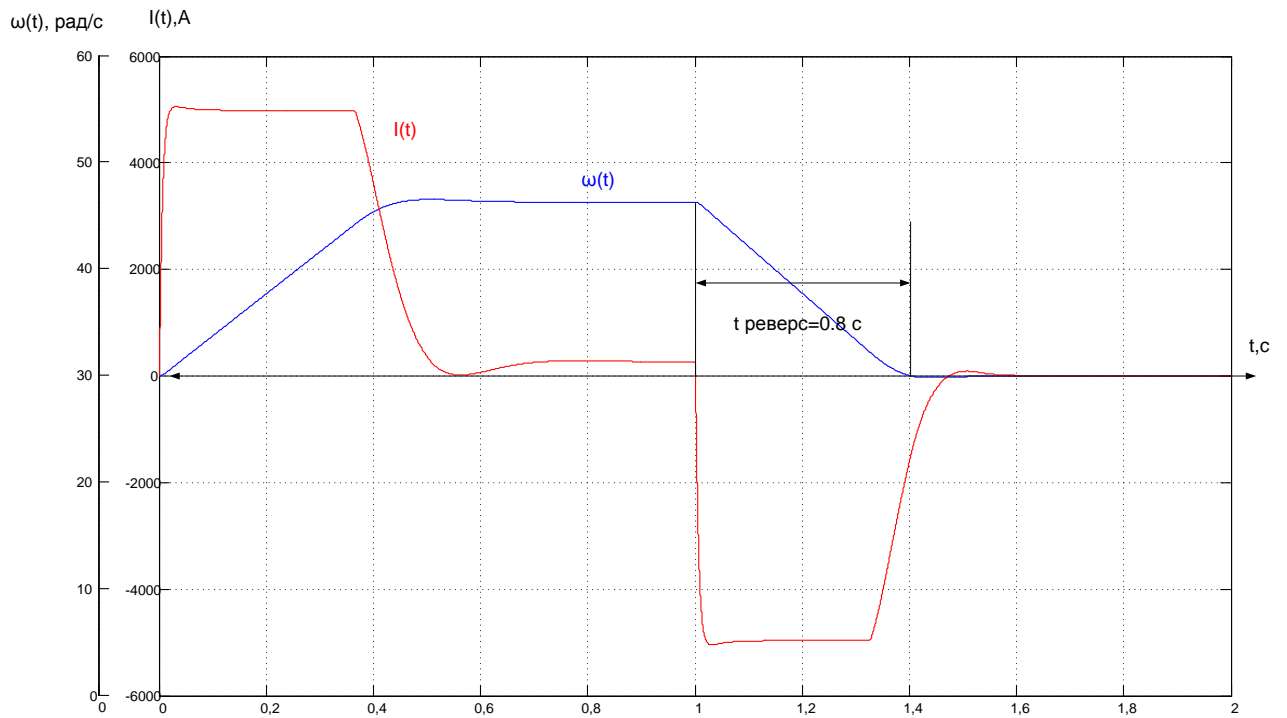


Рисунок 23. – Пуск и торможение нагрузкой холостого хода $M_c = 6831 \text{ Н}\cdot\text{м}$ при $U_{3c} = 10 \text{ В}$.

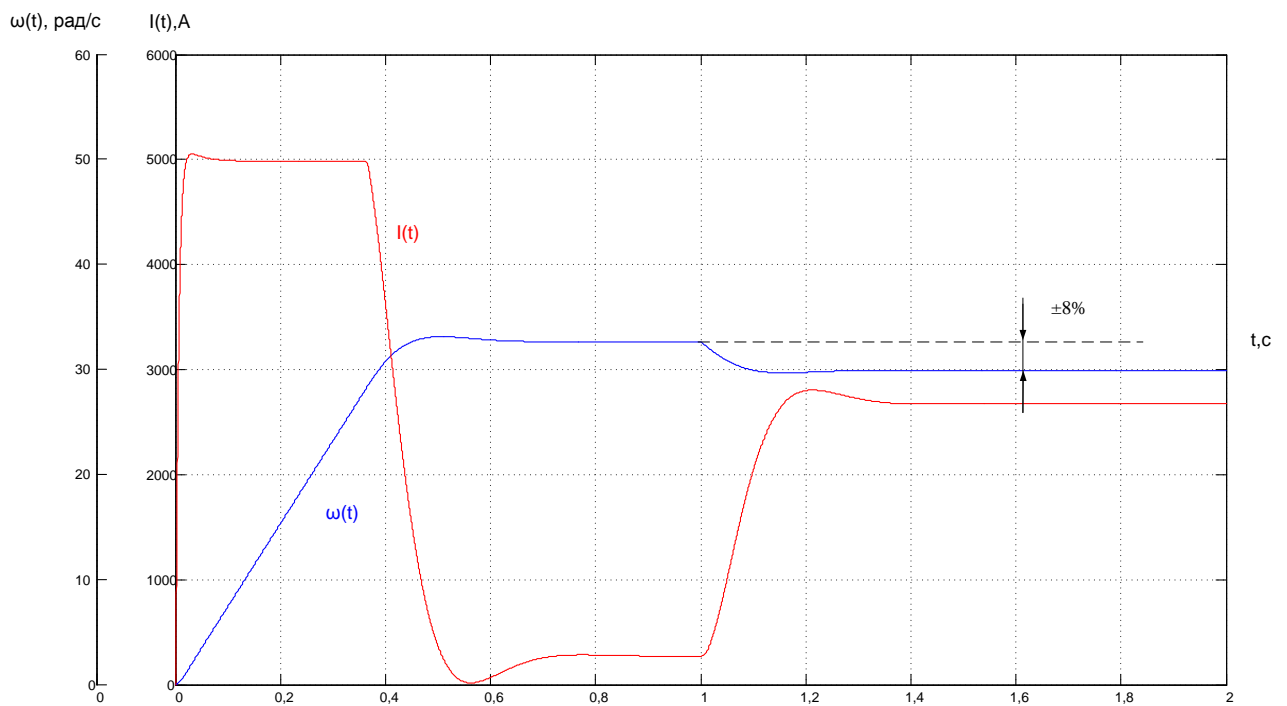


Рисунок 24. – Пуск с нагрузкой холостого хода $M_c = 6831 \text{ Н}\cdot\text{м}$ при $U_{3c} = 10 \text{ В}$ и наброс нагрузки через 1 секунд до момента реза $M_c = 60822 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

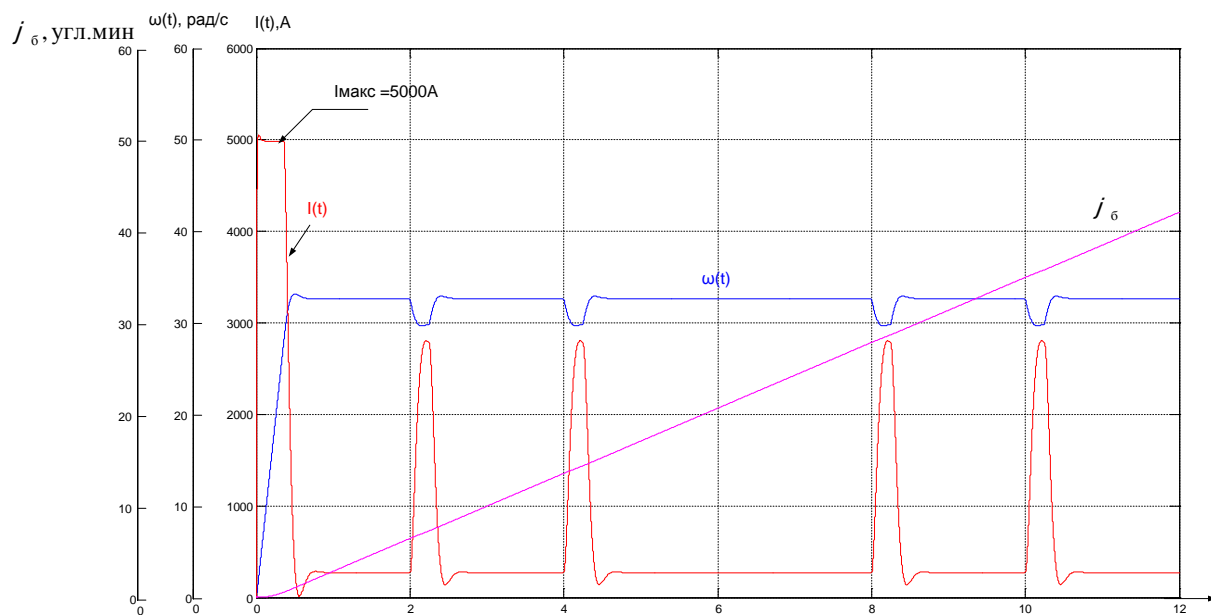


Рисунок 25 - Переходные процессы в следящем электроприводе при пуске, приложении нагрузки $U_3 = 10 \text{ В}$, $t_{\sigma} = 2 \text{ с}$, $I_{\sigma} = 5000 \text{ А}$, $\omega_{\sigma} = 32.97 \text{ рад/с}$, $j_{\sigma} = 4320 \text{ угл.мин}$

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Косякову Артему Евгеньевичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов проектных и пуско-наладочных работ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Система технического обслуживания и ремонта электрооборудования
2. График планово-предупредительных ремонтов
3. Структура монтажно-наладочных работ
4. Определение затрат на приобретение и монтаж электрооборудования
5. Определение стоимости ПНР
6. Техничко-экономические показатели
7. Ресурсоэффективность технического проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Круговая диаграмма капитальных затрат на реализацию проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Фигурко Аркадий Альбертович	к.э.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Косяков Артем Евгеньевич		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Система технического обслуживания и ремонта электрооборудования (ТОиР) представляет собой совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества электрооборудования, охваченного этой системой.

В эту систему входят:

- техническое обслуживание;
- текущие (Т), средние (С) и капитальные (К) ремонты;
- модернизация.

Система ТОиР предусматривает:

- классификацию электрооборудования;
- определение видов ремонтных работ и технического обслуживания и их содержание;
- установление структуры ремонтного цикла и длительности межремонтных периодов для каждого вида электрооборудования;
- регламентированное выполнение работ по техническому обслуживанию с применением средств технической диагностики;
- организацию планирования, учета и финансирования электроремонтных работ;
- организационную структуру электроремонтной службы ;
- организацию ремонтной базы, оснащение ее необходимым оборудованием, оснасткой и укомплектованием квалифицированными кадрами;
- совершенствование технологических процессов и методов ремонта.

Работы, связанные с ремонтом, наладкой, монтажом и техническим обслуживанием электрооборудования проводит электроремонтная служба ОАО «ЗСМК».

Данный раздел состоит из 5 подразделов:

1. График планово-предупредительных ремонтов;
2. Структура монтажно-наладочных работ;
3. Определение затрат на приобретение и монтаж электрооборудования;
4. Определение стоимости ПНР;
5. Техничко - экономические показатели.

Все экономические показатели и методика расчёта взяты с ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК».

4.1 График планово-предупредительных ремонтов

Планово-предупредительные ремонты (ППР) электрооборудования цехов комбината проводятся в соответствии со строгим графиком (таблица 15).

Таблица 15 - График ППР

Название электро-оборудования	Тип	Группа	Межремонтный период		Месяцы года												Кол. Ремонт-ов			
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
			Т	С														Т	С	
Трансформатор	ТМП 4000/10	1	12															1		
Преобразователь	КТЭ 2500/930	2	6	4				Т									Т		2	
Двигатель	2МП - 2000	2	6	4		Т										Т			2	
Кабельная сеть	КВВГ 3x70	2	12	-						Т									1	
УБСР	УБСР	2	6	2													Т		1	1
Реле обрыва поля	РЭВ 830У3	2	6	2					Т								Т		2	
Автоматический выключатель	ВАТ 42	2	6	2		Т													1	1
Реле	РПУЗ	2	6	2			Т										Т		2	
Реле тока	РТЛ 101404	2	6	2															1	1

4.2 Структура монтажно-наладочных работ

Весь комплекс работ разделим на этапы и определим в процентном соотношении время выполнения работ по каждому этапу отдельно.

Таблица 16 - Состав бригады

Состав - бригады	Разряд /квалификация	Стоимость человеко-часа,руб.
Инженер-наладчик	Инженер I категории	144
Электромонтер	6	123
Электромонтер	5	115
Электромонтер	4	102

Таблица 17 - Этапы МНР в процентном соотношении

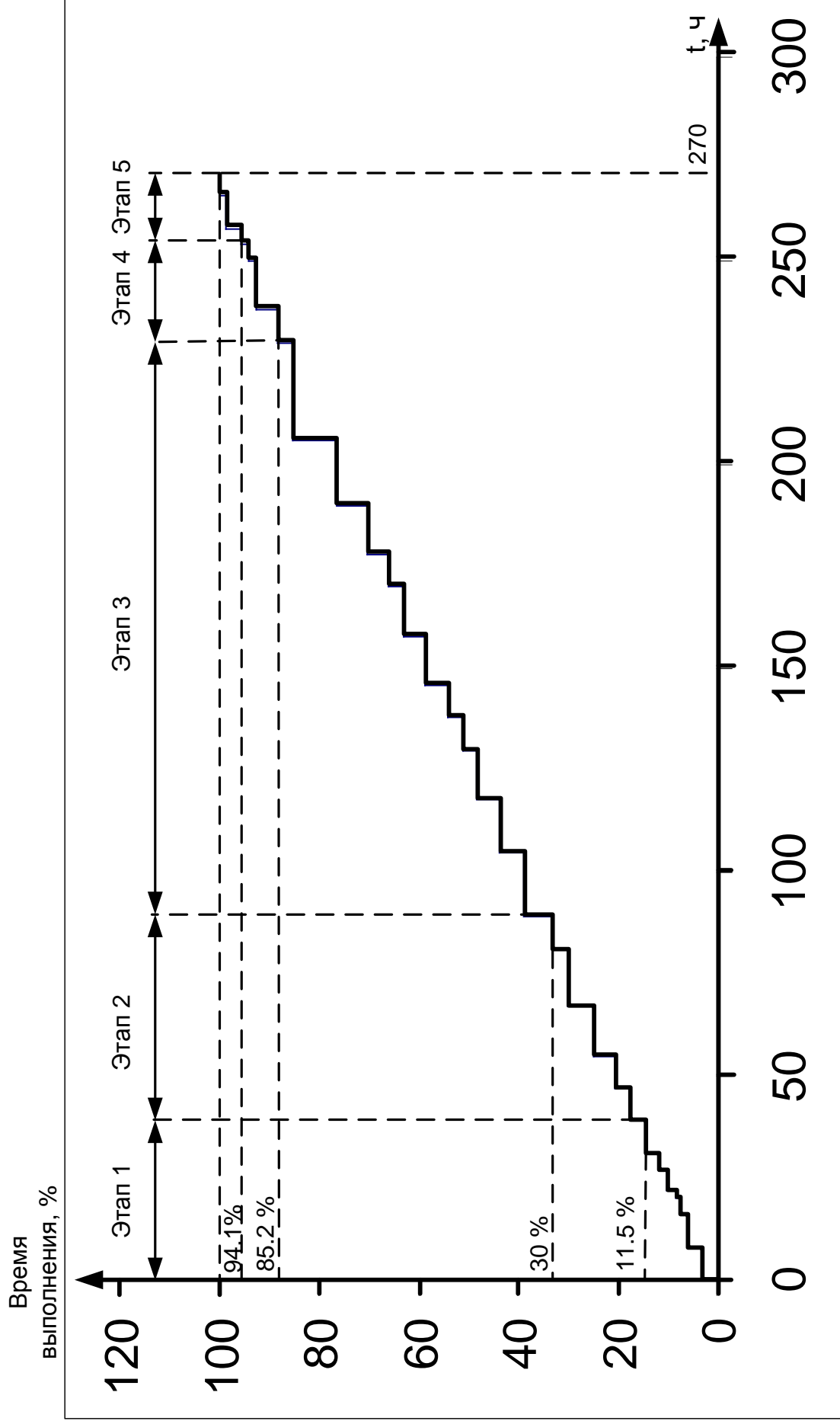
№	Этапы МНР	Время выполнения, %
1	Подготовительные работы	11,5
2	Проверочные работы	18,5
3	Наладочные работы	55,2
4	Комплексное опробование	8,9
5	Оформление отчетной документации	5,9
	ИТОГО:	100

Таблица 18 - Комплект ПНР и последовательность их выполнения

Наименование работ	Исполнитель	Часы
1. Подготовительный этап		
- Ознакомление с проектом электроустановки, выявление неточностей;	1,2,3,4	8
- Составление рабочего графика проведения МНР и согласование его с руководством цеха;	1,2,3,4	8
- Подготовка аппаратуры и инструмента;	1,2,3,4	4
- Внешний осмотр электрооборудования и проверка готовности;	1,2,3,4	2
- Определение соответствия технических характеристик, установленного оборудования;	1,2,3,4	5
- Составление рабочей программы испытаний, наладки с учетом особенностей проекта.	1,2,3,4	4
ИТОГО по п. 1		31
2. Проверочные работы		
- Проверка качества электромонтажных работ и их соответствие рабочим чертежам проекта;	1,2,3,4	8
- Проверка установленной аппаратуры, градуировка и снятие характеристик привода;	1,2,3,4	8
- Измерение аппаратурных параметров оборудования и электрических схем;	1,2,3,4	8
- Проверка правильности выполнения схем первых и вторых коммутаций;	1,2,3,4	12
- Проверка и настройка электрических схем дистанционного управления	1,2,3,4	14
ИТОГО по п.2		50

3. Наладочные работы		
- Проверка правильности монтажа схем;	1,2,3,4	8
- Проверка сопротивления изоляции;	1,2,3,4	16
- Проверка и настройка отдельных элементов и функциональных групп;	1,2,3,4	13
- Регулировка релейной аппаратуры;	1,2,3,4	12
- Проверка чувствительности датчиков;	1,2,3,4	8
- Проверка диапазонов изменения напряжения управления преобразователя;	1,2,3,4	8
- Проверка работы и функционирования блоков сигнализации и защиты;	1,2,3,4	12
- Проверка работы автоматического выключателя	1,2,3,4	12
- Проверка работы сельсинного командоаппарата;	1,2,3,4	8
- Окончательная проверка и наладка защиты и блокировок;	1,2,3,4	12
- Снятие и настройка необходимых характеристик элементов автоматического управления;	1,2,3,4	16
- Испытание и настройка оборудования на холостом ходу и под нагрузкой.	1,2,3,4	24
ИТОГО по п.2		149
4. Комплексное опробование		
Проверка режимов работы электропривода ножниц	1,2,3,4	8
- Согласование входных и выходных параметров на входе и выходе характеристик отдельных механизмов;	1,2,3,4	12
- Обеспечение заданных технологических и энергетических показателей.	1,2,3,4	4
ИТОГО по п.4		24

5. Составление отчетной документации		
- Составление протоколов ПНР;	1	4
- Внесение в один экземпляр принципиальных схем изменений, внесенных во время ПНР;	1	8
- Нормы проведения ПНР электропривода барабанных ножниц	1	4
ИТОГО по п.5		16
ИТОГО		270



4.3 Определение затрат на приобретение и монтаж электрооборудования

Затраты на приобретение и монтаж электрооборудования называются капитальные затраты. Они складываются из стоимости оборудования и стоимости монтажно-наладочных работ (МНР).

Состав МНР определен исходя из комплекта электропривода барабанных ножниц. Данные расчетов заносим в таблицу 19.

МНР являются важным звеном в подготовке оборудования к эксплуатации. Целью МНР является доведение электропривода ножниц до требований, предъявляемых технологическим процессом.

Таблица 19 - Смета затрат на приобретение и монтаж электрооборудования

Наименование и характеристика монтажных работ	Количество	Сметная стоимость за единицу, руб	Сметная стоимость общая, руб
Трансформатор	2	470000	940000
Преобразователь	2	90000	180000
Двигатель	1	300000	300000
Кабельная сеть	1	2000	2000
УБСР	30	2000	60000
Реле обрыва поля	1	600	600
Автоматический выключатель	2	2000	4000
Реле	4	600	2400
Реле тока	1	900	900
Итого			1505880
Транспортные расходы 10%			150588
Итого стоимость оборудования			1656468
Пуско-наладочные работы			418054
Заготовительно-складские расходы 1,2%			19878
Плановые наложения от монтажно-наладочных работ 6%			99388
Итого монтажно-наладочных работ			537320
Всего капитальные затраты составили			2193788

4.4 Определение стоимости ПНР

Определение стоимости ПНР – включает в себя:

- затраты на материалы;
- отчисления в социальные фонды;
- накладные расходы;
- заработная плата.

Все работы производятся в строгом соответствии с нормами их проведения. В таблице 20 представлены затраты на пуско-наладочные работы, в ценах 2017г.

Основная заработная плата наладчиков, с учетом районного коэффициента $K_p = 1,3$ и коэффициента, вводимого при работах в действующих установках $K_d = 1,3$ определяются следующим образом

$$ЗП_{\text{осн}} = k_p \times k_d \times Ц_{\text{пнр}} = 1.3 \times 1.3 \times 25240 = 211656 \text{ руб.},$$

где $Ц_{\text{пнр}} = 125240$ руб. - стоимость пуско-наладочных работ согласно табл.

21.

Дополнительная заработная плата наладчиков составляет 12% от основной $ЗП_{\text{доп}} = 0.12 \times ЗП_{\text{осн}} = 0,12 * 211656 = 25400$ руб.

Отчисления на социальные нужды в РФ составляет 30 % от основной заработной платы

$$ЕСН = 0.30 \times ЗП = 0.30 \times (211656 + 25400) = 71117 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (тепло- и водоснабжение, электроэнергия) при производстве пуско-наладочных работ составляют 40 % от суммы $Н_p = 0.4 \times ЗП = 0.4 \times (211656 + 25400) = 94822$ руб.

Стоимость материалов, необходимых для проведения монтажно-наладочных работ принимается из расчета 1% от стоимости оборудования

$$С_m = 0.01 \times С_{\text{об}} = 0.01 \times 1505880 = 15059 \text{ руб.},$$

Стоимость основного оборудования приведена в таблице 20.

Таблица 20 - Затраты на ПНР в ценах г. [данные ОАО «ЗСМК»]

Наименование работ	Единицы измерения	Количество	Стоимость работ ,руб.
1. Наладка реверсивного тиристорного преобразователя (ТП-Д)	шт.	1	29776
2. Наладка системы регулирования электроприводом.	шт.	1	70380
5. Наладка двигателя постоянного тока	шт.	1	8951
4. Наладка схем с датчиком ЭДС -на измерительный прибор -работу в САР		1	1083
	шт.	1	1083
5. Наладка схем с датчиком тока - на измерительный прибор - в схему САР	шт.	1	1155
	шт.	1	5955
6. Настройка автоматического выключателя	шт.	1	6858
ИТОГО			125240

Затраты на ПНР приведены с учётом трудоёмкости по тарифным ставкам.

Таблица 20 – Смета затрат на проведение ПНР

Наименование статьи расходов	Сумма руб.	% от стоимости
Затраты на материалы	15059	3,6
Полная заработная плата	237056	56,7
Отчисления в социальные фонды	71117	17,0
Накладные расходы	94822	22,7
Итого затрат	418054	100

4.5 Технико-экономические показатели

Данный электропривод отличается высокой надежностью работы, надежностью системы защит и сигнализации, а также рядом технико-экономических показателей. Технико-экономические показатели электропривода сведены в таблицу 21.

Таблица 21 - Технико-экономические показатели ЭП барабанных ножниц

Наименование показателя	Ед. Изм.	Показатель
Мощность двигателя постоянного тока	кВт	P = 2000 тип МП
Ток и напряжение тиристорного преобразователя	А, В	I=2500, U=930 тип КТЭ 2500/930
Мощность силового трансформатора	кВА	STp=3230 тип ТМП 4000/10
Сумма затрат на приобретение электрооборудования	тыс.руб.	1775,7
Стоимость монтажно-наладочных работ	тыс.руб.	418,1
Продолжительность монтажно-наладочных работ	час	270
Итоговая стоимость оборудования	тыс.руб.	2193,8

Стоимость оборудования включает в себя сумму затрат на приобретение и монтажно-наладочные работы. Данный электропривод был выбран на основании высокой надежности работы, надежности системы защит и сигнализации, а также ряда технико-экономических показателей, которые приведены выше.

4.6. Ресурсоэффективность технического проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \times b_i \quad (5)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Для определения ресурсоэффективности проекта по проектированию привода перемещения индуктора вертикально закалочного станка следует рассмотреть следующие критерии:

- надежность электроснабжения – способность системы электроснабжения, в составе которой работают энергопринимающие установки потребителей, при определенных условиях обеспечить им поставку электрической энергии в соответствии с заявленными требованиями.

- материалоемкость – показатель расхода материальных ресурсов на производство продукции. Выражается в натуральных единицах расхода сырья, материалов, топлива и энергии, необходимых для изготовления единицы продукции.

- помехоустойчивость – это способность сигнала противостоять действию помех (т.е. сохранять содержащуюся в нём информацию, несмотря на действие помех).

- Возможность подключения сети Ethernet – это наиболее распространённая технология организации локальных сетей. Стандарты Ethernet описывают реализацию двух первых уровней передачи информации – проводные соединения и электрические сигналы (физический уровень), а так же форматы блоков данных и протоколы управления доступом к сети (канальный уровень).

- Безопасность – состояние защищённости жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и их последствий.

Оценка критериев ресурсоэффективности проекта приведена в таблице 22.

Таблица 22 – Оценка критериев ресурсоэффективности проекта.

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Надежность	0,20	5
2. Энергосбережение	0,20	5
3. Материалоемкость	0,10	4
4. Помехоустойчивость	0,15	5
5. Возможность подключения сети Ethernet	0,10	4
6. Безопасность	0,25	5
Итого:	1,00	

По составленной таблице 22 определяем интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{PI} = 5 \times 0.2 + 5 \times 0.2 + 4 \times 0.10 + 5 \times 0.15 + 4 \times 0.10 + 5 \times 0.25 = 4.80$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение 4,80 (по 5-балльной шкале). Высокие баллы надежности и безопасности, а так же энергосбережения позволяют судить о надежности системы.

Заключение: В данной разделе мы организовали пуско-наладочные работы электропривода барабанных ножниц. Они заключались в замене старого электропривода на новый с большим КПД и меньшей потребляемой

мощностью. Из этих работ видно, что все работы выполняет собственная бригада из 4-х человек, на которые потребуется 270 часов. Состав бригады: инженер – наладчик, электромонтёры 4, 5 и 6-го разрядов. Все работы, кроме оформления отчетной и приемо-сдаточной документации, бригада выполняет в полном составе. Оформление отчетной документации осуществляет инженер. Оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дало высокий результат (4,80 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта. Основными критериями ресурсоэффективности проекта явились: надежность, энергосбережение, материалоемкость, помехоустойчивость, возможность подключения сети Ethernet и безопасность.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Косякову Артему Евгеньевичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

- *ОАО ЗСМК, прокатного производство, обжимного цеха ОАО «ЗСМК»*
- *вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)*
- *опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)*
- *негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды;

2. Основными вредными факторами обжимного цеха являются:

Запыленность (металлической, токопроводящей пылью различных фракций);

Загазованность;

Шум и вибрация;

Отклонение показателей микроклимата;

Недостаточная освещенность рабочей зоны.

3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды;

Опасными факторами обжимного цеха являются:

Возможность получения травм в следствии:

а) движения машин и механизмов;

б) движение производственного материала;

в) выброс горячего шлака из-под зажигательного горна.

Поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования.

4. *Охрана окружающей среды:*

- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);

- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);

разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

5. *Защита в чрезвычайных ситуациях:*

- перечень возможных ЧС на объекте;

- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;

- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;

разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

Перечень графического материала:

План эвакуации при пожаре

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Косяков Артем Евгеньевич		

9. Социальная ответственность.

Исследуемый в проекте электропривод барабанных ножниц на базе реверсивного тиристорного преобразователя, предназначен для управления работой ножниц в процессе пореза раската на мерные длины. В приводе барабанных ножниц используются электроустановки как низкого напряжения (до 1000 В) так и высокого (выше 1000 В) [8].

С целью поддержания системы регулирования в исправном и работоспособном состоянии на протяжении всего срока эксплуатации, предусмотрены следующие мероприятия:

- периодические осмотры устройства регулирования, оперативным персоналом один раз за смену;
- регулировочные мероприятия и осмотр устройства управления, оперативно-ремонтным персоналом еженедельно;
- техническое обслуживание два раза в год;
- текущий ремонт один раз в год.

Работы по обслуживанию и ремонту электропривода, проводимые оперативно-ремонтным и ремонтным персоналом, ведутся на технологическом оборудовании и вблизи него. Работы по обслуживанию и ремонту устройства управления, имеющего щитовое исполнение и находящегося в помещении операторной, ведутся при искусственном освещении.

Для оперативного проведения ремонта вышедшего из строя оборудования, в условиях непрерывного производства, обслуживающему персоналу необходимо иметь четкие знания и соблюдать правила безопасности согласно [14].

5.1 Анализ условий труда.

Технология металлургического производства характеризуется быстрым протеканием процессов с использованием больших объемов сырья, топлива и энергии, что предъявляет высокие требования к обслуживающему персоналу.

Это обстоятельство вызывает необходимость максимальной механизации ручного труда и автоматизации технологических процессов.

Наличие высокотемпературных интенсивных технологических процессов, использование объемных агрегатов больших тепловых мощностей создают условия для сложной комбинированной характеристики производственной среды металлургического производства. Как известно, совокупность факторов производственной среды называется условиями труда.

По конечному результату воздействия на человека и механизму действия производственные факторы разделяют на опасные и вредные.

Под опасным производственным фактором понимают фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Пром.площадка ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» расположена в болотистой местности по берегу реки Томь.

Климат данного района резко-континентальный с холодной продолжительной зимой и коротким жарким летом. Средняя годовая температура воздуха составляет 1,2 С. Средняя температура наиболее холодного месяца января минус 17,8 С, наиболее жаркого месяца (июля) плюс 21,8 С. Господствующее направление ветра юго-западное. Скорость ветра, превышение повторяемости которой составляет 5% - 11 м/с. Средняя скорость ветра 1,2 - 2,0 м/с, повторяемость штилевых ситуаций в среднем за год 32%.

Источниками вредных выбросов в атмосферу (сажа, CO, SO₂, N_xO_y) в прокатном производстве являются дымовые трубы нагревательных печей и нагревательных колодцев. Наиболее эффективными приемами их снижения являются совершенствование конструкции печей и топливосжигающих устройств, приводящие к уменьшению удельного расхода топлива.

Применение аппаратных методов очистки дымовых газов от вредных примесей в данном случае экономически не оправдано в связи с низкими их концентрациями в отходящих газах.

В прокатном производстве образуются также значительное количество твердых отходов в виде прокатной окалины. Крупная прокатная окалина достаточно легко обезвоживается в первичных отстойниках и полностью используется затем при агломерации в аглоцехе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Мелкая, замасленная прокатная окалина вместе со сточными водами поступает на очистку во вторичных отстойниках системы оборотного водоснабжения прокатных цехов. Сточные воды очищаются от масел и мелкой окалины и используются в оборотном цикле.

Процесс получения готовой продукции в цехе связан с использованием большого количества горячего (до 1280 С) металла, с применением газа, сжатого воздуха, кислорода и т.д.

Возможны ожоги тела от соприкосновения с горячим металлом, оборудованием или инструментом, ранения отлетающей окалины, от падения транспортируемых и незакрепленных предметов.

Движущие и вращающиеся части механизмов, загроможденные проходы и другие могут быть также причинами несчастного случая.

Все это вызывает необходимость применения предупреждающих мер, направленных на обеспечение безопасных условий труда.

Эти меры сводятся к использованию спецодежды и индивидуальных защитных средств, применение оградительных приспособлений (экранов, защитных щитов и т.д.), содержанию рабочих мест в чистоте и исправности, обучению всех трудящихся безопасным приемам работы и строгом соблюдении трудящимися правил техники безопасности и производственной санитарии.

Движущиеся и вращающиеся части механизмов стана должны быть закрыты ограждением с закрывающимися устройствами.

Обжимной цех ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» относится к категории наиболее шумных цехов комбината. Основным источником шума - прокатный стан.

Анализируя данные показателей вредных факторов на основных рабочих местах обжимного цеха ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» содержание пыли, содержание вредных

химических веществ, тепловое облучение, относительная влажность, температура воздуха в пределах нормы.

5.2 Общие правила охраны труда на производстве

Безопасные условия труда обеспечиваются системой технических и организационных мероприятий, обученностью электротехнического персонала, знанием и выполнением правил техники безопасности в электроустановках промышленных предприятий.

Под техническими мероприятиями понимают, прежде всего, автоматизацию производственных процессов, дистанционное управление машинами и аппаратами, внедрение новой техники и новых, более совершенных процессов.

Под организационными мероприятиями предполагают, прежде всего, наличие «Правил безопасности в прокатном производстве».

На основании этих правил для каждого цеха, участка и рабочего места составляется инструкция по технике безопасности. Важной частью инструкции является инструкция по ликвидации аварий и места их возникновения, действия каждого инженерно технического работника и рабочего, пути спасения людей, застигнутых аварией.

Ни один работник прокатного производства не может быть допущен к работе без инструктажа по технике безопасности.

Виды инструктажей:

- вводный проводится в отделе техники безопасности,
- первичный проводит начальник цеха или его заместитель,
- периодический (повторный) проводится не реже двух раз в год;
- дополнительный (внеплановый) проводится при изменении технологического процесса, внедрении нового оборудования, а также нарушении инструкции по технике безопасности и несчастных случаях.

Специальный инструктаж проводится при кратковременном переводе работника на другую работу.

На каждого работающего заводится личная карта учета инструктажа, в которой делается отметка о каждом полученном инструктаже или проверке знаний по технике безопасности

В прокатном производстве существует отдел техники безопасности, возглавляемый заместителем главного инженера. Отдел техники безопасности совместно с общественными организациями ежегодно разрабатывают планы номенклатурных мероприятий по охране труда и технике безопасности. В план включаются такие важные мероприятия по оздоровлению условий труда, как механизация трудоемких операций, введение новых вентиляционных систем, ликвидация вредных выделений, улучшение естественного и искусственного освещения, расширение бытовых помещений и др.

Каждый работник прокатного производства должен знать, что современное производство представляет собой очень сложную систему, где все взаимосвязано. Даже небольшие, на первый взгляд, отступления от правил и инструкций, могут вызвать серьезные последствия не только для нарушителя, но и для окружающих его людей.

5.3 Класс помещения по электрической опасности

По действующим правилам (ПУЭ п. 1.1.13) все помещения делятся по степени опасности поражения людей электрическим током на три класса:

- без повышенной опасности;
- с повышенной опасностью;
- особо опасные.

К помещениям без повышенной опасности относятся сухие, беспыльные помещения с нормальной температурой воздуха, с изолирующими (например, деревянными) полами, в которых отсутствуют заземленные предметы или их очень мало. К помещениям с повышенной опасностью относятся помещения:

- сырые, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75%;

- жаркие, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура воздуха превышает постоянно или периодически (более 1 суток) 35°С;

- пыльные, с токопроводящей пылью, в которых по условиям производства выделяется токопроводящая технологическая пыль;

- с токопроводящими полами - металлическими, земляными, железобетонными, кирпичными и тому подобное, в которых возможно одновременное прикосновение человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и тому подобное, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, с другой.

К особо опасным относятся помещения:

- особо сырые, то есть помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100%,

- с химически активной или органической средой, содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

С учетом представленных выше условий и факторов помещение службы СРЗА и ПА относится к помещениям с повышенной опасностью.

Монтаж и эксплуатация измерительных приборов, устройств релейной защиты и автоматики, телемеханики и средств связи.

Для обеспечения безопасности работ, производимых в цепях измерительных приборов и устройств релейной защиты, все вторичные цепи, обмотки измерительных ТТ и ТН должны иметь постоянное заземление. В сложных системах релейной защиты для группы электрических вторичных условий ТТ независимо от числа допускается заземление только в одной точке.

При необходимости разрыва токовой цепи измерительных приборов и реле, цепь вторичной обмотки ТТ должна быть предварительно закорочена на специально предназначенных для этого зажимах. Запрещается производить в

цепях между ТТ и зажимами, где установлена закоротка, работы, которые могут привести к размыканию цепи.

При производстве работ на ТТ или в их вторичных цепях должны соблюдаться следующие меры безопасности:

- шины первичных цепей не должны использоваться в качестве вспомогательных токопроводов при монтаже или в качестве токоведущих частей при сварочных работах;

- присоединения к зажимам указанных ТТ цепей измерения и защиты должны производиться после полного окончания монтажа вторичных схем;

- при проверке полярности, приборы, которыми она производится, должны быть до подачи импульса тока в первичную обмотку надежно присоединены к зажимам вторичной обмотки.

Работа в цепях устройств РЗА и телемеханики должна производиться по исполнительным схемам, работа без схем, по памяти, запрещается. При работах в цепях РЗА и телемеханики необходимо пользоваться специальным электротехническим инструментом с изолированными ручками, металлический стержень отверток должен быть изолирован от ручки до жала отвертки.

При проверке цепей измерения, сигнализации, управления и защиты в случае необходимости разрешается оставаться в помещении электроустановок напряжением выше 1000 В одному лицу из состава бригады по условиям работы (например, регулировка выключателей, проверка изоляции), квалификация лица, находящегося отдельно от производителя работ, должна быть не ниже III группы и ему при этом производителем работ должны быть даны необходимые указания по ТБ.

При работах в цепях ТН с подачей напряжения от постоянного источника необходимо вынуть предохранители со сторон высшего и низшего напряжения и отключить автоматы от вторичных обмоток.

При необходимости производства каких-либо работ в цепях или на аппаратуре РЗА и телемеханики при включенном основном оборудовании должны быть приняты дополнительные меры против случайного отключения.

Коммутационные переключения, включение и отключение выключателей, разъединителей и другой аппаратуры, пуск и останов генераторов, регулировка режима их работы, необходимые при наладке или проверке устройств РЗА и телемеханики, производится только оперативным персоналом.

Все операции производятся по инструкциям и правилам изложенным в следующих документах: "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", "Строительные нормы и правила СНиП Ш.А.И-70", "Правила техники безопасности при электромонтажных и наладочных работах (ПТБЭМ)".

При напряжении до 1000 В предпочтение отдается четырех проводной сети с заземленной нейтралью для обеспечения электроснабжения ГЩУ. При прикосновении к одной из фаз сети человек попадает под фазное напряжение, а ток проходящий через него, равен частному от деления U_{ϕ} на $R_{\text{п}}$. В аварийном режиме человек оказывается под воздействием линейного напряжения сети.

Также источником электропоражения может являться появление потенциала на пульте вследствие повреждения изоляции аппаратуры или статического электричества на поверхности шкафов.

5.4 Техника безопасности при обслуживании и ремонте электрооборудования.

Электромонтером по ремонту и обслуживанию электрооборудования доменного производства могут быть лица

- не моложе 18 лет,
- знающие «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», а так же «Правила устройств электроустановок»;
- годные по состоянию здоровья;
- прошедшие технический минимум по специальности электромонтера и имеющие об этом удостоверение;

- прошедшие практический стаж работы под руководством опытного рабочего в сроки установленные правилами ПТБ и ПТЭ,
- обученные методам оказания первой медицинской помощи при освобождении попавшего под напряжение, методам искусственного дыхания;
- имеющие соответствующую квалификационную группу по технике безопасности по занимаемой должности.

Работы производимые в действующих электроустановках в отношении мер безопасности делятся:

- работа без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них;
- работа со снятием напряжения.

Для подготовки рабочего места при работах со снятием напряжения должны быть выполнены в указанной ниже последовательности следующие технические мероприятия:

Производство необходимых отключений и принятие мер, препятствующих подаче напряжения к месту работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной, аппаратуры;

- вывешивание плакатов «Не включать - работают люди!», «Не открывать - работают люди!» и при необходимости установка ограждений;
- присоединение к «земле» переносных заземлений. Проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях, на которые должно быть наложено заземление;
- наложение заземлений (непосредственно после проверки отсутствия напряжения), т.е. включение заземляющих ножей, или там, где они отсутствуют, наложение переносных заземлений;
- ограждение рабочего места и вывешивание плакатов «Стой высокое напряжение!», «Не влезай, убьёт!», «Работать здесь». При необходимости, производится ограждение оставшихся под напряжением токоведущих частей, в зависимости от местных условий установка этих ограждений выполняется до или после наложения заземлений.

Предельно допустимые значения токов и напряжений прикосновения, протекающих через тело человека и предназначенных для проектирования способов

и средств защиты людей, при взаимодействии их с электроустановками производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока показаны в таблице 22.

Таблица 22 - Предельно-допустимые значения токов и напряжений прикосновения.

Род тока	U, в	I, mA
Переменный, 50 Гц	24	0,3
Постоянный	42	1

Предельно-допустимые значения токов и напряжений прикосновения а аварийном режиме в установках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью приведены в таблице 23.

Таблица 23 - Предельно-допустимые значения токов и напряжений прикосновения

Род тока	0,1с	0,3 с	0,5 с	1,0 с
Переменный, 50 Гц, mA	340	135	100	50
	400	160	125	60
Постоянный, mA	500	350	250	200
Выпрямленный, mA	500	300	230	180

Согласно [24], предельно допустимый ток через тело человека при минимальном времени действия t_B равен $I_{\text{чел}} = 300 \text{ mA}$ при $t_B = 0,2 \text{ с}$.

5.5 Производственная санитария

Основное оборудование НЗС расположено в помещении цеха, в котором не поддерживается постоянная температура и относительная влажность. К санитарно-бытовым помещениям относятся гардеробные с умывальниками и душевыми, сауна, оздоровительный комплекс, здравпункты по оказанию первой медицинской помощи

пострадавшим на производстве и заболевшим, а также для проведения лечебной и санитарно-профилактической работы.

Температура, влажность, скорость движения воздуха и содержание вредных веществ в воздухе санитарно-бытовых помещений нормируется в соответствии с [23].

Производственные помещения и рабочие места следует содержать в чистоте. Полы должны быть ровными и удобными для очистки и ремонта.

В производственных и подсобных помещениях должны быть приняты меры к максимальному использованию естественного освещения. Окна должны быть полностью остеклены и содержаться в чистоте.

Санитарно-бытовые помещения необходимо ежедневно убирать и проветривать.

Допустимые уровни звукового давления и уровни звука на постоянных рабочих местах приводятся в зависимости от частоты, характера шума и категории рабочего места (кабины наблюдений, помещения управления, постоянные рабочие места и т. д.). Ниже в таблице 24 приведем допустимые уровни шума для нашего случая.

Согласно [24] предусмотрено несколько мероприятий для снижения шума до значений, не превышающих допустимые: технические средства борьбы с шумом (уменьшение шума машин в источнике, применение технологических процессов, при которых уровень звукового давления на рабочих местах не превышает допустимые, и др.); строительно-акустические; дистанционное управление шумными машинами; использование средств индивидуальной защиты; организационные (выбор рационального режима труда и отдыха, сокращение времени нахождения в шумных условиях, лечебно-профилактические и другие мероприятия).

Таблица 24 - Допустимые уровни шума на рабочем месте.

Рабочее место	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука в эквиваленте
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятия	9	2	6	3	0	8	6	4	85

Основной мерой борьбы с шумом является подавление его в источнике возникновения. Это необходимо учитывать уже на стадии конструирования технологического оборудования: совершенствовать кинематические схемы; заменять ударные взаимодействия безударными; заменять подшипники качения подшипниками скольжения; применять новые незвучные материалы (текстолит, капрон, нейлон и проч.); заменять возвратно-поступательное движение вращательным; создавать жидкостные ванны.

В процессе монтажа и эксплуатации оборудования особое внимание необходимо обратить на его балансировку, крепление и устройство фундаментов.

Эффективность различных мероприятий по борьбе с шумом приведена в таблице 25.

Таблица 25 - Эффективность различных мероприятий по борьбе с шумом.

Мероприятия	Снижение уровня шума (дБ) в диапазонах частот	
	низких	высоких
Звукоизоляция шумного оборудования установкой в отдельное помещение	25-35	50-60
Звукоизоляция кожухами	5-15	20-40

Для индивидуальной защиты органов слуха выпускаются противошумные наушники (ВЦНИИОТ-7и, ВЦНИИОТ-2м, ВЦНИИОТ-4А, К2), противошумные каски (ВЦНИИОТ-2) антифоны-вкладыши (резиновые, с жидкостным наполнителем, из супер тонкого волокна). Эффективность названных средств зависит от характера шума. Так, противошумные наушники при частоте звука 500 Гц снижают уровень звукового давления почти на 30 дБ, а при частоте 2000 Гц - на 40 дБ.

При использовании средств индивидуальной защиты от шума (оно должно начинаться, согласно ГОСТ, при работе в зонах с уровнем звука выше 85 дБ) следует знать, что их защитное действие ограничено в связи с тем, что шум действует не только на ухо, но и непосредственно на ткани тела, костные ткани (так называемая костная проводимость).

Расчет искусственного освещения цеха.

Для расчета равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является метод коэффициента использования (метод светового потока), учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен.

Потребный поток ламп в каждом светильнике рассчитывается по выражению [22]:

$$\Phi_{л} = \frac{E_{мин} \times S \times z \times K}{N \times \eta}$$

где $E_{мин}$ - нормированная минимальная освещенность, лк;

K - коэффициент запаса (1,1 -1,5);

S - освещаемая площадь, м²;

Z - коэффициент неравномерности освещения, равный отношению $E_{ср}/E_{мин}$, значение которого для дугоразрядных ламп ДРЛ равно 1,1;

N- число светильников в помещении;

h - коэффициент использования светового потока ламп, зависящий от КПД и кривой распределения силы светильника, коэффициента отражения потолка и стен, высоты подвеса светильников и индекса помещения, учитывающее влияние формы помещения на распределение светового потока.

Значение коэффициента использования светового потока определяется по [18]. Индекс помещения (характеризует соотношение размеров освещаемого помещения и высоты подвеса светильников в нем):

$$i_n = \frac{H \times L}{h_p \times (H + L)},$$

где H = 30 м - ширина освещаемого помещения;

L = 150 м - длина помещения;

h_p = 12 м - высота светильников над рабочей поверхностью.

Округляем $i_n = 2,083$ до значения 2 [18].

Коэффициент запаса для помещений K = 1,5.

Коэффициент использования светового потока ламп с отражателем h = 0.85

$$\Phi_{л} = \frac{300 \times 4500 \times 1.1 \times 1.5}{50 \times 0.85} = 49500 \text{ лм.}$$

Подсчитав подбираем по [18] светильник, оснащенный стандартной лампой ДРЛ, P = 1000 кВт, U= 220 В, световой поток $\Phi_{л}$ = 50000 лм.

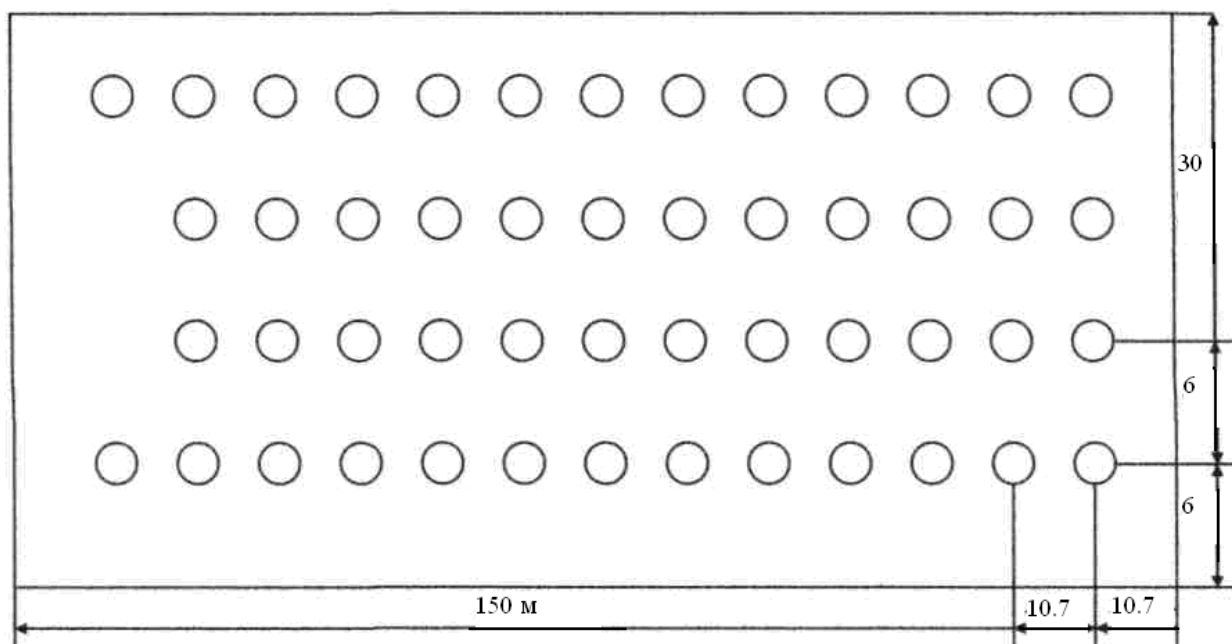


Рисунок 26 - Схема расположения светильников В качестве мер исключаящих воздействие вредных факторов на рабочих основных профессий необходимо:

- очистить от грязи и пыли световые проемы;
- заменить металлические листы, на фонарях промышленных корпусов, на стекло;
- очистить от грязи и пыли осветительную аппаратуру;
- своевременно производить замену сгоревших ламп.

Микроклимат

Оптимальный микроклимат в помещении обеспечивает поддержание теплового равновесия между организмом и окружающей средой.

Для создания нормальных условий труда в производственных помещениях обеспечивают нормативные значения параметров микроклимата температуры воздуха, его относительной влажности и скорости движения, а также интенсивности теплового излучения

В ГОСТ 12.1.005-88 указаны оптимальные и допустимые показатели микроклимата в производственных помещениях.

ГОСТ 12.1.005-88 устанавливает предельно допустимые концентрации вредных веществ ПДК (мг/м³) в воздухе рабочей зоны производственных помещений и требования к метеорологическим условиям (микроклимат) в производственных условиях.

Таблица 26. Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

Период года	Категория работы	Температура, С	Относительная влажность. %	Скорость движения воздуха, м/с не
Холодный	Лёгкая – 1а	20-22	60-30	<0,2
Теплый	Лёгкая – 1а	22-25	60-30	0,2-0,5

Таблица 27. Допускаемая температура и относительная влажность воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

Помещение	Температура, °С		Относительная влажность воздуха, %	
	в холодный период года	в тёплый период года	в холодный период года	в тёплый период года
Панели павного щита управления	18-23	Не выше 25	60-30	70-30

Требуемое состояние микроклимата рабочей зоны может быть обеспечено при использовании:

- защиты от источников тепловых излучений для снижения температуры воздуха в помещении и теплового облучения работающих;
- устройство вентиляции и отопления;
- применение средств индивидуальной защиты ГОСТ 12.4011-75.

Норма теплового излучения - 350 Вт/м²

Способом защиты от лучистого потока могут служить: теплоизоляция нагретых поверхностей, экранирование тепловых излучений, применение воздушного душирования, использование защитной одежды.

Задача вентиляции - обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. Вентиляция достигается удалением загрязнённого или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

Целью отопления помещения является поддержание в них в холодное время года заданной температуры воздуха, а также обеспечить безопасность в отношении пожаров и взрывов. Для дыхания благоприятен следующий состав воздуха: азота - 78,08%; кислорода - 20,95 %; аргона, неона и других инертных газов - 0,93 %; углекислого газа - 0,03%; прочих газов – 0,01%. Такой состав должен содержать атмосферный воздух. Наряду с химическим составом важен также ионный. Тяжелые ионы образуются в результате попадания легких ионов на различные частицы: пылинки, капли тумана и так далее. На жизнедеятельность человека благотворное влияние оказывают отрицательные ионы кислорода.

В воздухе МНЛЗ может содержаться пыль от вторичного пылеобразования, а также туман.

Оптимальная величина относительной влажности в рабочей зоне - 40 - 60 %. Предельное значение для выполняемой работы, классифицирующаяся как легкая, температура 19 °С, относительная влажность не более 75 %. скорость движения воздуха не более 0,2 м/с.

5.6 Пожарная безопасность

Помещение, где расположен обжимной цех, по взрывопожарной опасности относится по ПУЭ к категории В-1а (Находятся в помещениях, где при соблюдении нормального режима работы горючие газы (при любом нижнем концентрационном

пределе воспламенения) или пары ЛВЖ, взаимодействуя с воздухом, не образуют взрывоопасные смеси, если нет неисправностей и аварий).

По способности конструкций сопротивляться воздействию пожара, т.е. сохранять эксплуатационные функции в течение определенного времени соответствует второй степени огнестойкости.

На стадии проектирования электропривода барабанных ножниц, учитываются требования соответствующих нормативных документов, регламентирующих меры пожарной профилактики. К таким документам относятся: СНиП «Противопожарные требования. Основные положения проектирования», СНиП «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования», ПТУСП («Противопожарные технические условия строительного проектирования») предприятий металлургической промышленности, «Правила пожарной безопасности в металлургической промышленности», нормы и правила устройства производственной вентиляции, отопления, электрического освещения и др.

Помещение снабжено поперечными и продольными противопожарными преградами препятствующими распространению огня.

Причинами распространения пожара являются:

- нарушение противопожарного режима при ведении ремонтных работ;
- применения масел и жиров, умеющих самовозгораться;
- избыточное количество в воздухе водорода и аммиака;
- возникновение токов короткого замыкания.

Помещение оснащено согласно [17]:

- сетью противопожарного водопровода, укомплектованного рукавами и стволами, пожарный рукав присоединен к крану и стволу.
- в качестве передвижных средств тушения имеются углекислотные огнетушители емкостью не менее 40 л (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8), огнетушители химические пенные ОХП-10 (6 шт.).
- имеются ящики с песком объемом по 0,5-3 м каждый, ломы, багры и лопаты с деревянными ручками, топоры и ведра (4 шт.). В случае необходимости число перечисленных средств может быть увеличено.

- помещение оснащено пожарной сигнализацией, на территории завода находится военизированная пожарная часть.

К основным средствам пожаротушения относят воду, водные эмульсии углеводородов, водяной пар, воздухомеханическую и химическую пену, инертные газы, углекислоту, сжатый воздух, сухие огнегасительные вещества и покрывала. Порошки для тушения пожара (песок, тальк и др.) хранят непосредственно в ящиках вместе с совками и лопатами.

Воздухомеханическую пену широко применяют для тушения легковоспламеняющихся жидкостей. Химическую пену получают в стационарных и переносных пеногенераторах.

Непосредственная ответственность за пожарную безопасность возложена на руководителя цеха.

Для обеспечения безопасности ремонтных работ и предотвращения пожара в электроустановках необходимо надежное отключение электропитания. При остановке на ремонт оборудования с вращающимися и движущимися частями производится двойное отключение.

При этом одновременно с отключением электропитания и удалением предохранителей на распределительных щитах, разъединяются муфты, снимаются приводные ремни и т.п., на электропусковых устройствах должны быть вывешены плакаты «Не включать! Работают люди».

При выполнении огневых работ необходимо принять меры к недопущению случаев пыле- и газовой выделения или разлива горючих жидкостей.

Площадки, металлоконструкции и перекрытия помещений, вблизи которых будут вестись огневые работы, должны быть очищены от скопления взрыво- и огнеопасных продуктов (масла, смолы и др.).

Эвакуация людей в случае пожара производится через запасные выходы (рисунок 27).

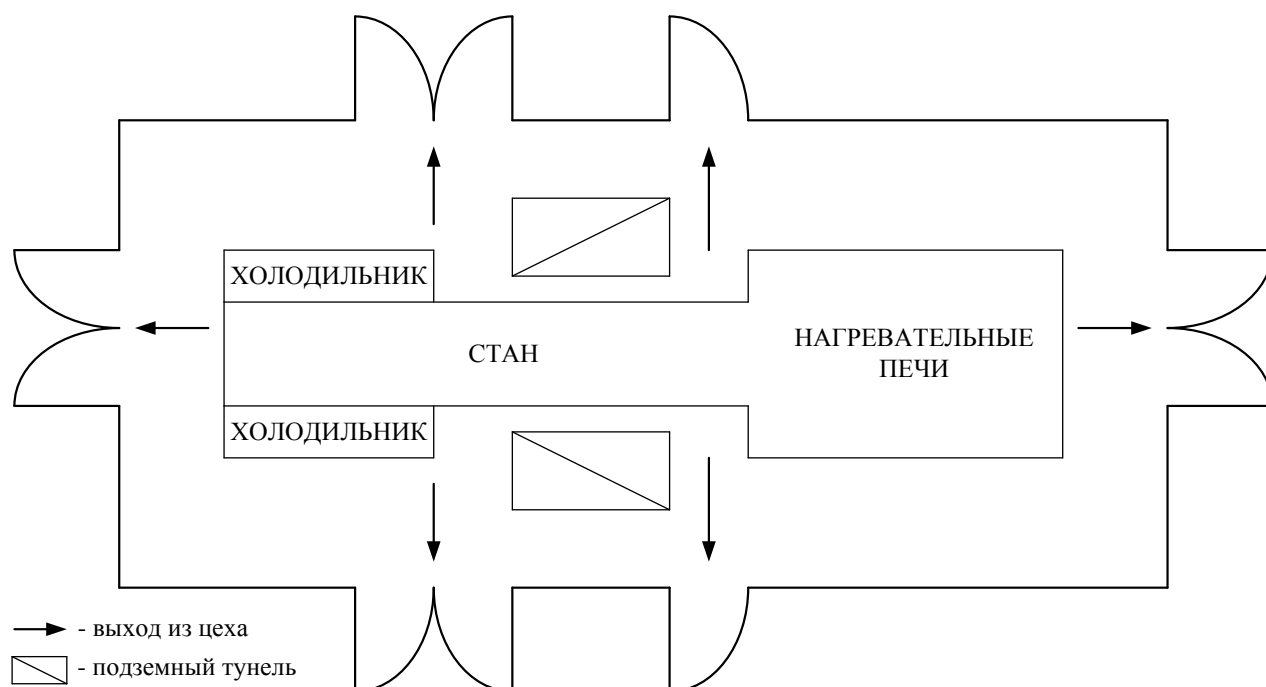


Рисунок 27 – План эвакуации

При выполнении огневых работ необходимо установить непрерывный контроль за состоянием воздушной среды в помещении и особенно у мест, где они ведутся.

Бригада, ведущая огневые работы на территории и в помещениях взрыво- и огнеопасных производств разрешается только после оформления плана и разрешения на проведение огневых работ.

К противопожарной безопасности электротехнического персонала относят следующие требования:

знать инструкции по вопросам пожарной безопасности электроустановок, инструкции по тушению пожаров и строго выполнять их,

- знать местонахождение первичных средств пожаротушения на своих участках, не допускать загромождения доступа к ним и использовать строго по назначению,

- следить за исправным состоянием первичных средств пожаротушения на своих участках, знать принцип их действия,

- знать конструктивную схему подвалов, тоннелей внешнего и внутреннего электроснабжения,

- знать нумерацию отсеков, подвалов и тоннелей по направлению, схему управления вентиляторами,

- знать местонахождение в своём цехе телефонов, извещателей, пожарной сигнализации.

5.7 Охрана окружающей среды

В 2016 году коллектив комбината обеспечил выполнение 43 из 52 установленных нормативов временно - согласованных выбросов вредных веществ в атмосферу.

Выполнено 53 природоохранных мероприятия по повышению эффективности эксплуатации действующих газоводоочистительных установок и сооружений.

Уровень эксплуатации газо-пыле-улавливающих установок комбината повысился. Процент установок, работающих с отклонениями от правил эксплуатации снизился с 5,9% до 3,5%.

Снизилось число случаев нарушений установленных требований по защите водного бассейна.

Производство стали характеризуется показателями выбросов вредных веществ, приведенными в таблице 28.

Таблица 28. Выбросы вредных веществ по обжимному цеху

Наименование	Годы	
	2005	2006
1 Рост производства		
1.1 Объем реализованной продукции (млн. руб).	62400	92421
1.2 Производство стали (млн. т.)	5.5	7.26
2 Валовые выбросы в атмосферу (т/сутки)		
2.1 Пыль	48.9	41.69
2.2 Окись углерода	454.8	464.03
2.3 Сернистый ангидрид	3.11	2.22
3 Удельные выбросы вредных веществ в атмосферу (кг/т.стали)		
3.1 Пыль	3.27	2.09
3.2 Окись углерода	30.4	23.3
3.3 Сернистый ангидрид	3.11	2.22
4 Водоиспользование (м³ / сутки)		
4.1 Забор свежей воды (речной)	10.5	14.2
4.2 Общее водопотребление	1129.2	1589.3
4.3 Объем оборотного водоснабжения	1116.7	1575.1
4.4 Сброс производственных вод в р. Томь	42.2	48.02
5 Валовое количество вредных веществ сбрасываемых в р. Томь (т/год)		
5.1 Фенолы	0	0
5.2 Нефтепродукты	6.24	0.487
5.3 Взвешенные вещества	1811	60.33

Планом структурной перестройки ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» предусмотрена коренная реконструкция прокатного производства. Это обусловлено, с одной стороны, моральным и физическим износом, а с другой стороны - необходимостью ликвидации существующих диспропорций между сталеплавильным и прокатным комплексом ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» и перехода на непрерывную разливку стали вместо существующей технологии разливки в изложницы.

В результате реализации намеченных планов будет не только реконструкция действующего проволочного стана «250 - 1», но и дополнительно построен новый стан «250 - 2».

Осуществление структурной перестройки на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» позволит существенно снизить материалоемкость и энергоемкость конечного продукта, а

также снизить количество вредных веществ в атмосферу в общей сложности на 200 - 230 тыс.т/год.

5.8 Мероприятия по ликвидации чрезвычайной ситуации в обжимном цехе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Чрезвычайные ситуации могут быть вызваны природными факторами (наводнение, землетрясение), а также технологическими факторами (пожар, короткое замыкание, взрыв).

Прокатное производство характеризуется наличием широко развитой сети кабельного хозяйства, в котором, как правило, все кабели горючие. С кабелями непосредственно связано большое количество различного электротехнического оборудования. На основании этого наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией в условиях сортопрокатного цеха ОАО " ЕВРАЗ ЗСМК" является - пожар, вследствие короткого замыкания в подвале электромагнитных помещений.

Коротким замыканием называется такой аварийный режим в сетях и устройствах, при котором происходит соединение разноименных проводов, находящихся под напряжением, через весьма малое сопротивление, не предусмотренное режимом работы цеха, аппарата. Короткое замыкание сопровождается большим тепловыделением, образованием в зоне замыкания дуги с разбрызгиванием металла.

Мероприятия по ликвидации пожара:

При возникновении малейшего возгорания, при малейших признаках пожара надо в первую очередь вызвать пожарную охрану по телефону или приведением в действие извещателя электрической пожарной сигнализации. При вызове пожарной помощи по телефону надо четко указать название цеха, его номер. Вызвавший пожарную часть должен направиться к ближайшему выходу, чтобы встретить прибывшее подразделение.

Одновременно с вызовом пожарной помощи необходимо организовать тушение пожара с помощью имеющихся в цехе средств. Если пожар угрожает людям,

прежде всего надо оказать им помощь.

Эвакуацию имущества следует производить только по распоряжению мастера или руководителя цеха.

До прибытия пожарной части следует принять ряд мер:

-отключить силовую и электрическую сеть;

-выключить приточно-вытяжную вентиляцию;

-прекратить подачу в технологические установки пожароопасных жидкостей, веществ и материалов, чтобы уменьшить количество горючих материалов.

В данном разделе дипломного проекта был осуществлен анализ условий труда основных рабочих мест сортопрокатного цеха ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», анализ производственного травматизма. Предлагаемые мероприятия по улучшению условий труда, позволят улучшить условия на рабочих местах без значительных затрат. Были предложены меры по предотвращению травм. Дана оценка пожарной безопасности цеха, выявлены причины возникновения пожара, приведен план эвакуации. Рассмотрена чрезвычайная ситуация и меры борьбы с ней. Произведен анализ охраны окружающей среды и описано мероприятие, после внедрения, которого произойдет уменьшение выбросов вредных веществ в атмосферу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был рассмотрен технологический процесс пореза раската на мерные длины, так же ряд сложностей возникающих в процессе работы и вызывающих отклонение технологических параметров от заданных, что приводит к образованию остатков, отходов металла в следствии несогласованности скорости ножниц и головной части раската.

В настоящее время на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» управление барабанными ножницами осуществляется программируемым контроллером «Allen Bradley», связанным с системой раскрой фирмы «Simens». Но так, как отечественные электропривода и аппаратура более доступны, то в данной работе подобран комплектный унифицированный электропривод отечественного производства с системой согласования скоростей на основе сельсинного командоаппарата.

Проведенные исследования при помощи математического моделирования на ЭВМ, показывают, что разработанный электропривод отвечает необходимым технологическим требованиям.

В работе представлена математическая модель технологического процесса работы барабанных ножниц, состоящая из пуска двигателя и двух последующих резов металла, происходящих на каждый оборот несущих барабанов.

В работе рассмотрены вопросы охраны труда и промышленной безопасности. Рассчитаны технико-экономические показатели монтажно-наладочных работ.

The concluding

In the given activity was reviewed a manufacturing process of cutting the rolled metal on the measured lengths, also number (series) of complexities arising during activity and deflective technological parameters from given, that results in forming remains of metal on account of non-coordination speeds of shears and the heard of rolled metal.

Now on joint-stock company «ZAPSIB», the shears is controlled by the programming controller «Allen Bradley», which is connecting with system of cutting the rolled metal of «Siemens». But, as domestic electric drive and instrumentations are more accessible, in the given activity the complete unified electric drive of domestic production was selected with system of coordination of speeds on the base of selsins control.

The conducted researches through mathematical modeling on IBM, demonstrate, that the designed electric drive responds the indispensable technological requirements.

Also in activity was reviewed the mathematical model of a manufacturing process of operating conditions the drum-shears, which include the start of electric drive and by turn two cuts of rolled metal on every turn of carrying drums.

In activity the safety issues of activity and environmental protection were reviewed. The technical and economic parameters of starting-up and adjustment works are counted.

Список использованной литературы

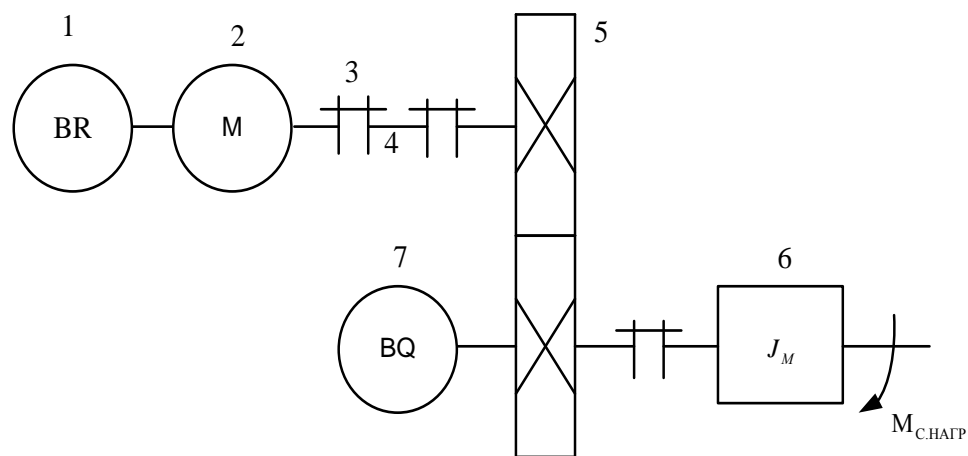
1. Удут Л.С., Мальцева О.П., Коянин Н.В. Проектирование автоматизированных тиристорных электроприводов постоянного тока: Учебное пособие.- Томск: изд. ТПИ им. С.М.Кирова, 1991.-104 с.
2. Удут Л.С., Мальцева О.П., Коянин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 1 - Введение в технику регулирования линейных систем. Часть 2 - Оптимизация контура регулирования: Учебное пособие.- Томск: изд. ТПУ, 2000.- 144 с.
3. Удут Л.С., Коянин Н.В., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 4 - Тиристорные преобразователи для электроприводов постоянного тока: Учебное пособие.-Томск: изд. ТПУ, 2002.- 150 с.
4. Коянин Н.В.,Удут Л.С., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 5 - Применение программы DORA-FUZZY в расчетах электроприводов постоянного тока: Учебное пособие.- Томск: изд. ТПУ, 2001.-155 с.
5. Справочник по электрическим машинам: В 2 т./ Под общ. Ред. И.П. Копылова и Б.К.Клокова. Т.1 - М.: Энергоатомиздат, 1988 - 456 с.
6. Дружинин Н.Н.Электрооборудование прокатных цехов. М.: изд. НТИ литературы по черной и цветной металлургии, 1956.- 455 с.
7. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства. М.: «Высшая школа», 1977 - 390 с.
8. Гарнов В.К., Рабинович В.Б., Вишневецкий Л.М. Унифицированные системы автоуправления электроприводом в металлургии. М.: изд. «Металлургия», 1971 - 214 с.
9. Шипило В.П. Автоматизированный вентильный электропривод. М.: изд. «Энергия», 1969- 230 с.

10. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник под ред. В.М. Перельмутера. М.: Энергоатомиздат, 1988 - 319 с.
11. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под ред В.А.Елисеева и А.В.Шинянского - М.:Энергоатомиздат, 1983 - 616 с.
12. Справочные данные по электрооборудованию. Т.1 Электрические машины общего применения- М: Энергия, 1964 - 325 с.
13. Хорьков К. А, Хорьков А.К. Электромеханические системы. Элементы канала управления ч. 1: изд ТПУ 1999 г, 340 с, ч. 2 : изд. ТПУ 2001 г,400с.
14. Типовое положение о ТООиР электрооборудования предприятий системы министерства черной металлургии СССР. Харьков, 1988.
15. Бенгольский БЛ.Экономика, организация и планирование производства на предприятиях черной металлургии — М.: Металлургия, 1982. 16.Метц А.Ф. Экономика, организация и управление производством на предприятиях черной металлургии М: Металлургия, 1981.
17. Степанов И.Г. Организация производства на предприятиях черной металлургии.-М. Металлургия, 1992.-144с..
18. Петухов Р.М., Лазуткин Е.С. Экономическая эффективность и организация производства.-М. .-экономика, 1972 .-223с.
19. ГОСТ 12.1.033-91.-ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.М.: Издательство стандартов, 1962.-7с.
- ГОСТ 12.1.007-76.ССБТ. Вредные вещества. Классификация// Госстандарты СССР.ССБТ: Издательство стандартов, М.1981.-С.93-97.
20. Азенберг Ю.Б. Световые приборы. М.: «Энергия», 1988 - 450 с.
20. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования СНИП 11 -4-79/ Госстрой СССР.-М.: Стройиздат. 1980.-35с
21. ГОСТ 12.1005-76. ССБТ: Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования// Госстандарты СССР ССБТ: М.: Издательство стандартов, 1981.-0.56-88.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

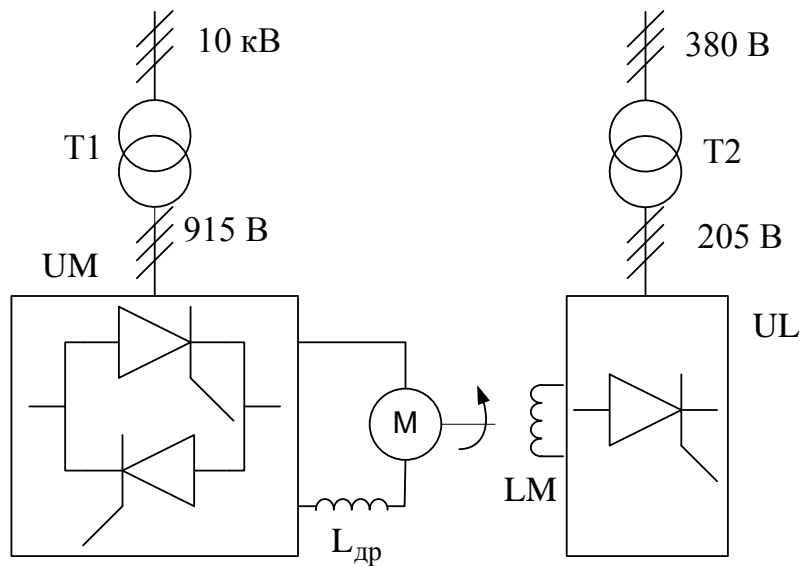
Графический материал

Кинематическая схема барабанных ножниц «150 т»



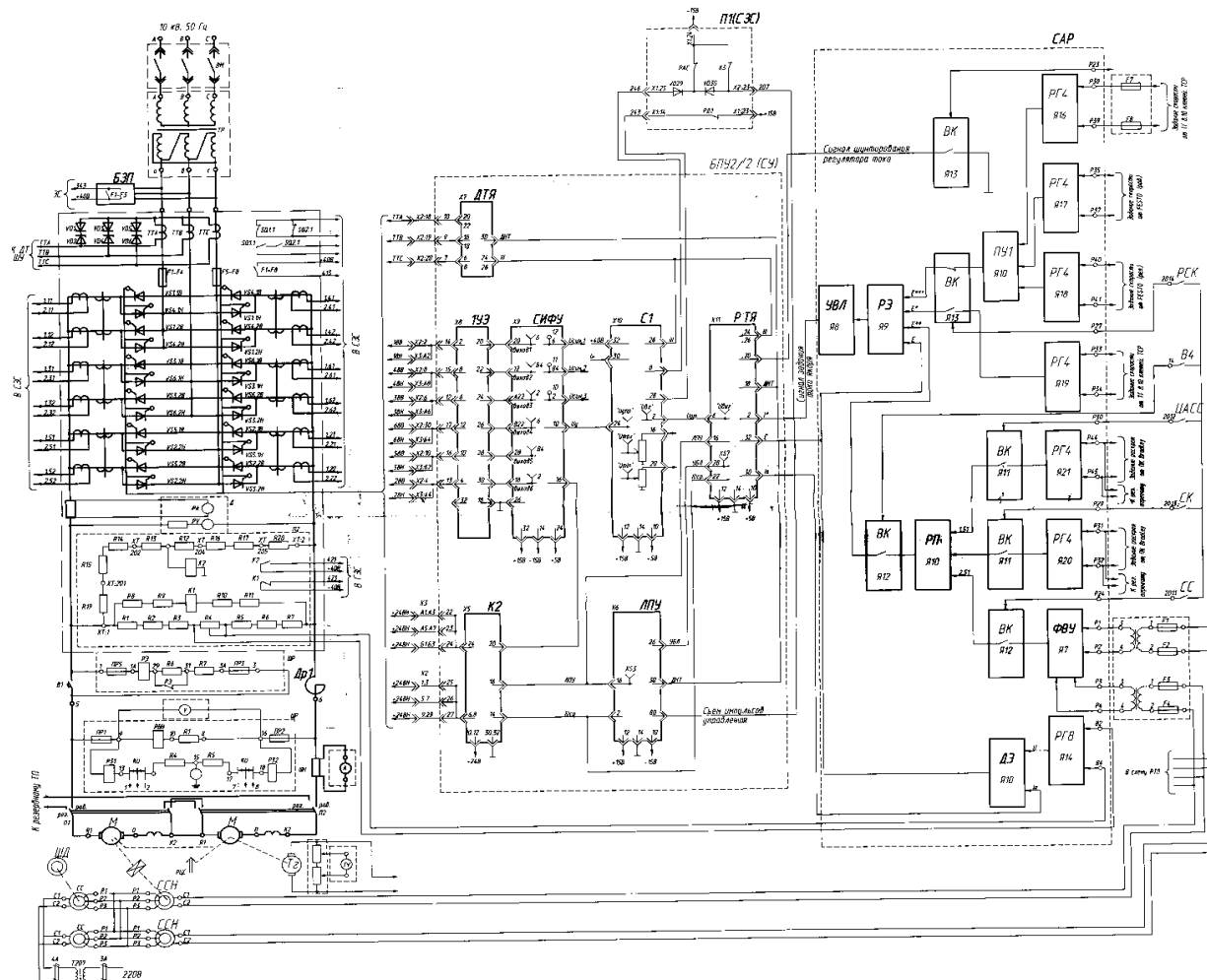
- 1 - BR - тахогенератор;
- 2 - M - двигатель;
- 3 - муфта;
- 4 - вал;
- 5 - редуктор;
- 6 - механизм;
- 7 - BQ - датчик положения

Схема силовой цепи системы ТП-Д.

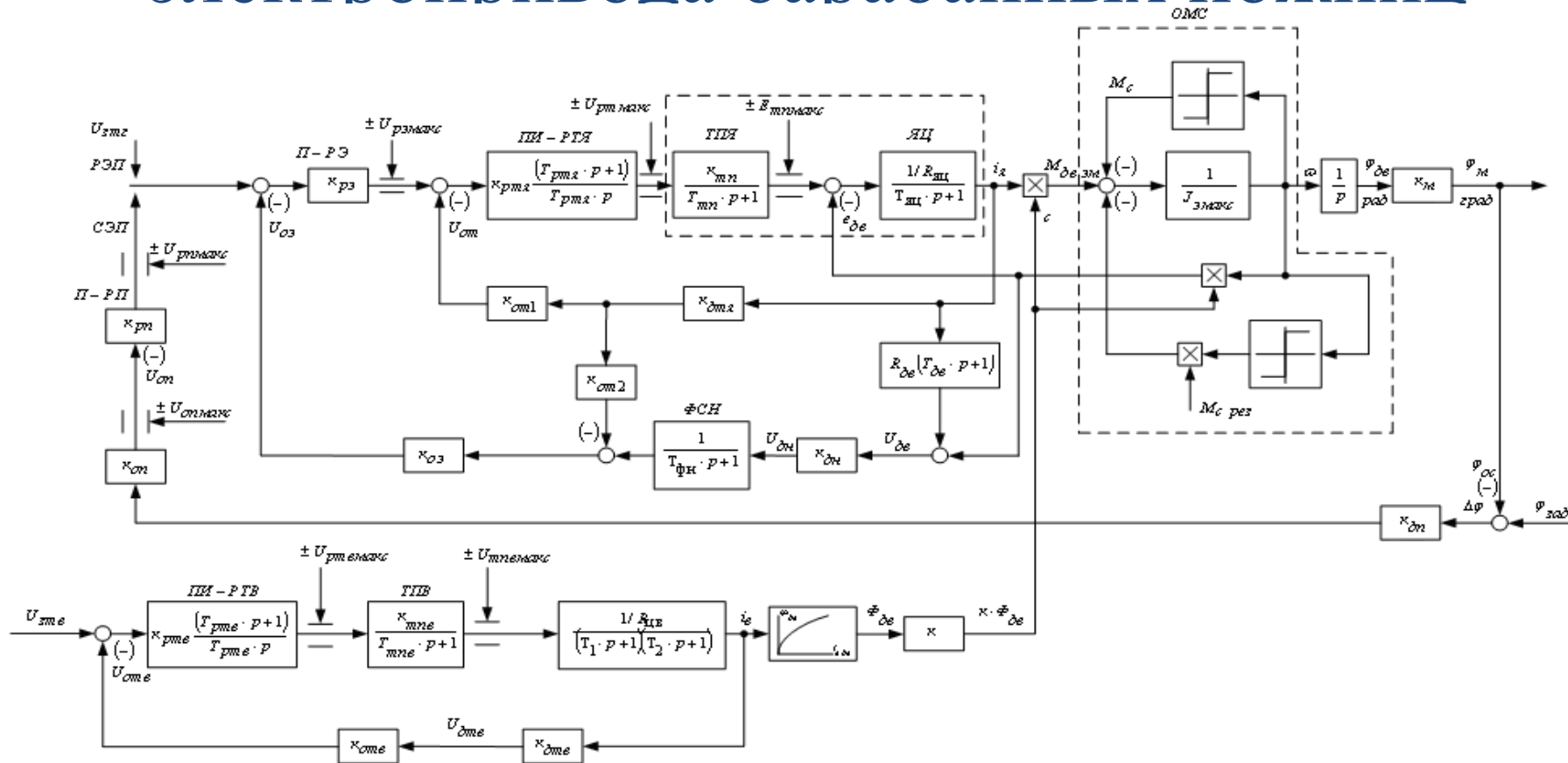


- Т- силовой трансформатор,
- UM - тиристорный преобразователь якоря;
- М - электрическая машина;
- LM - обмотка возбуждения электрической машины;

Принципиальная схема барабанных НОЖНИЦ



Структурная схема САУ электропривода барабанных ножниц



Технологический процесс работы электропривода барабанных ножниц

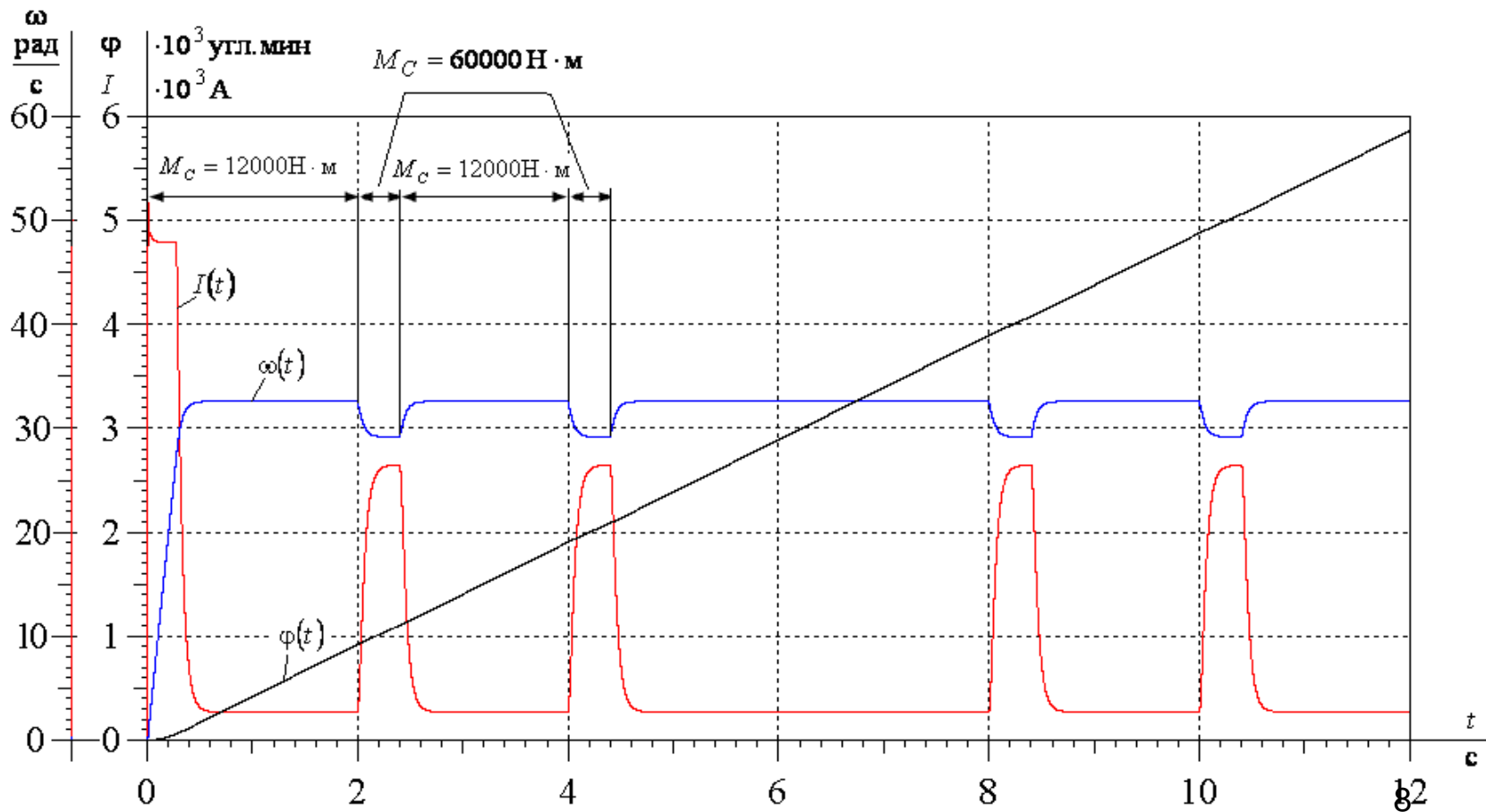
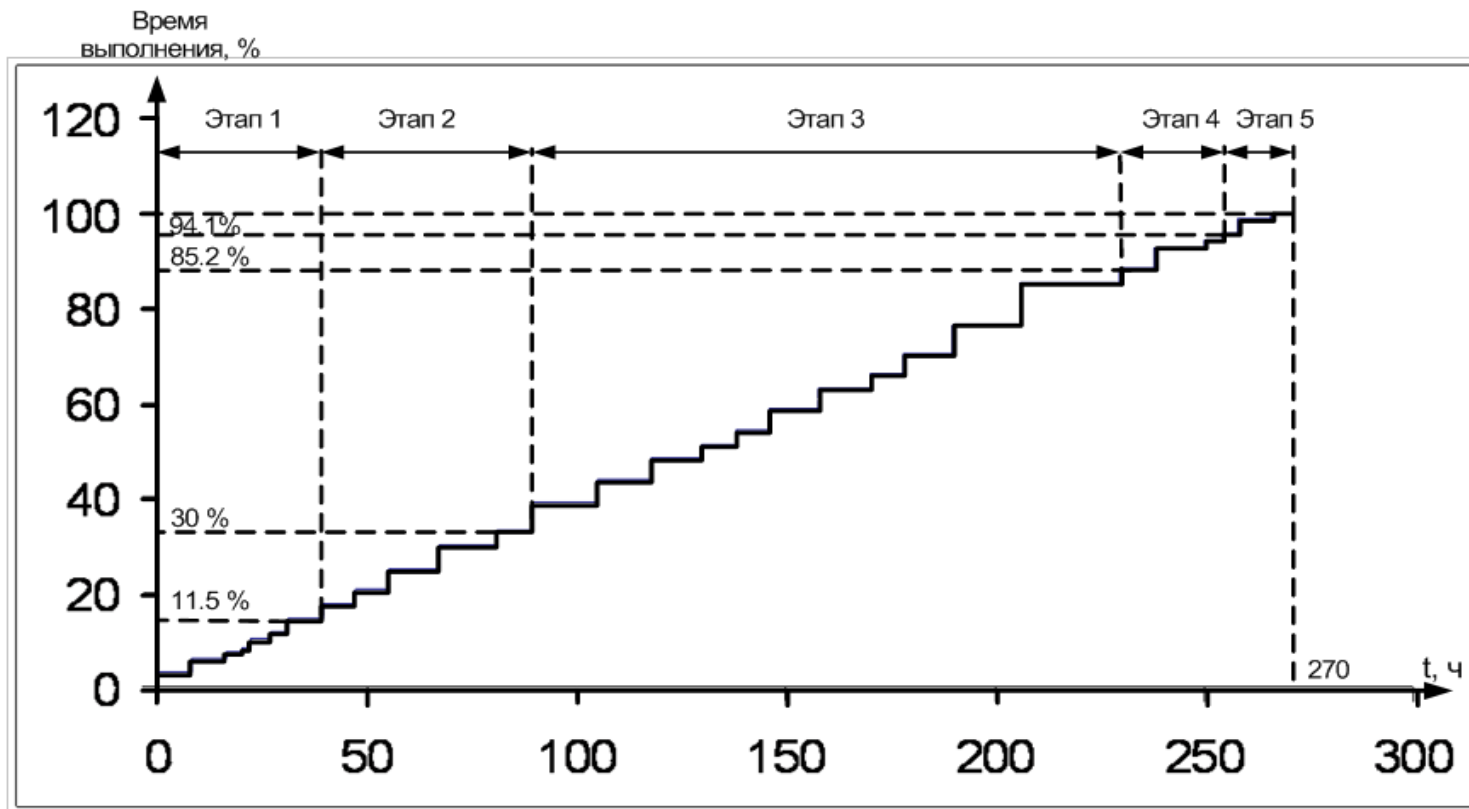


График проведения ПНР



Инженер-наладчик-



Электромонтёр 6-го разряда-



Электромонтёр 5-го разряда-



Электромонтёр 4-го разряда-

